

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

PROJEKT VÝROBNÍ LINKY NA DÍLCE MOTORŮ

PROJECT OF LINE FOR ENGINE PARTS PRODUCTION

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. JIŘÍ TUŠKA

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Doc. Ing. PAVEL RUMÍŠEK, CSc.

BRNO 2009

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Jiří Tuška

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie a průmyslový management (2303T005)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Projekt výrobní linky na dílce motorů

v anglickém jazyce:

Project of line for engine parts production

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

1. Zpracujte literární studii z oblasti technologie výroby dle zadání a oblasti technologického projektování
2. Zhodnoťte současný stav výroby a technologické úrovně daného pracoviště (výrobní linky)
3. Navrhněte možné varianty projektových změn, technicko-organizačních opatření a racionalizace výrobní linky s uplatněním nezbytných kapacitních propočtů
4. Proved'te vyhodnocení variantních návrhů úprav s výběrem optimální varianty
5. Vybranou variantu rozpracujte do podoby technologického projektu s kapacitními propočty, dispozičními výkresy a dokumentací materiálových toků
6. Proved'te ekonomické vyhodnocení výhodnosti návrhu řešení

Cíle diplomové práce:

Řešením základních bodů zadání, zahrnujících mimo studii i rozbor problematiky, návrh způsobů řešení s výběrem optimální varianty a jejím zpracováním a ekonomickým posouzením budou prověřeny nejen odborné znalosti studenta, ale i jeho schopnosti dobré profesní orientace při řešení zadaného úkolu z průmyslové praxe.

NETISKNOU!

Licenční smlouva - oboustranně

Abstrakt

Tématem předložené diplomové práce je spočítání kapacitních propočtů pro dvousměnný a třísměnný provoz výroby čtyř dílců proudových motorů, navržení dispozičních řešení jednotlivých pracovišť linky, srovnání nákladů na dvousměnný a třísměnný provoz a doporučení vhodnější varianty.

Klíčová slova

Technologické projektování, dvousměnný a třísměnný provoz, dispoziční řešení pracovišť, váhové zhodnocení, ekonomické srovnání.

Abstract

The topic of the thesis is counting the capacity calculations for two-and three-shift operation of the four components of jet engines, the design layout of each workstations of line, compare the cost of two-and three-shift operation and recommendation of appropriate option.

Key words

Technological design, two-and three-shift operation, layout of workplaces, weight assessment, the economic comparison.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

TUŠKA, Jiří. *Název: Projekt výrobní linky na dílce motorů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. Vedoucí diplomové práce Doc. Ing. Pavel Rumíšek, CSc.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Projekt výrobní linky na dílce motorů vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum 27.05.2009

.....
Jiří Tuška

Poděkování

Děkuji tímto svému vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Pavlu Rumíškovi, CSc., dále vedoucímu semináře k diplomové práci doc. Ing. Miroslavu Píškovi, CSc., a dále svému nadřízenému Ing. Pavlu Kneipovi a lidem, s nimiž jsem v provozu firmy Honeywell Aerospace Olomouc s.r.o. spolupracoval – Ing. Radek Musil, Ing. Martin Vaďura, Ing. Filip Dvořák, Ing. Mirka Znojilová, Ing. Ivana Jemelková a Ing. Pavel Reneš – toto jsou lidé, kterým náleží vřelé díky za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce.

Obsah

1.1 Úvod	8
2 Literární studie	9
2.1 Technologie výroby dílců proudových motorů	9
2.1.1 Třískové obrábění	9
2.1.2 Svařování	18
2.1.3 Obrábění laserem (1) (2) (3).....	20
2.2 Strojní vybavenost odpovídající daným technologiím (1)	21
2.2.1 Stroje pro třískové obrábění	21
2.2.2 Svářečky	26
2.2.3 Obráběcí lasery (2) (3)	27
2.3 Obecné principy technologického projektování (4) (5).....	27
2.3.1 Kapacitní propočet (4)	28
2.3.2 Časové fondy (4)	30
2.3.3 Projektování linek (4).....	31
2.3.4 Zásady rozmísťování jednotlivých strojů a pracovišť (4).....	33
2.3.5 Obrobna (4).....	36
2.3.6 Obráběcí pracoviště	37
2.3.7 Pracoviště kontroly	39
2.3.8 Pracoviště odmašťování.....	39
3 Současný stav výroby	40
3.1 První fáze – dvousměnný provoz	42
3.2 Druhá fáze – třísměnný provoz.....	44
4 Varianty jednotlivých pracovišť	44
4.1 Návrh pracovišť v první části linky	45
4.1.1 Svařovací pracoviště	45
4.1.2 Ruční pracoviště a pracoviště vrtání	47
4.1.3 Pracoviště kontroly a druhé ruční pracoviště.....	49
4.2 Návrh pracovišť v druhé části linky	52
4.2.1 Pracoviště CNC brusky SBV40 a soustruhu SN710 SA.....	52
4.2.2 První pracoviště dvou CNC soustruhů SP30 a ruční pracoviště.....	55
4.2.3 Pracoviště kontroly	57
4.2.4 Druhé pracoviště dvou CNC soustruhů SP30, lis LVS100 a odpady..	60
4.2.5 Pracoviště obráběcích center Deckel DMC635v DMU80 monoblock.	62
5 Výběr nejvhodnější varianty	66
5.1 Váhová metoda	66
6 Technologický projekt s ohledem na vybrané varianty	70
6.1 Podrobný kapacitní propočet třísměnného provozu	70
6.2 Dispoziční řešení	73
6.3 Materiálové toky	73
7 Ekonomické zhodnocení návrhu řešení	74
7.1 Porovnání nákladů na stroje	74
7.2 Porovnání nákladů na personál	75
7.3 Celkové zhodnocení nákladů.....	76
8 Závěr	79
9 Citovaná literatura.....	80

1.1 Úvod

Hospodářská krize udeřila již po celém světě, což se odráží i v průmyslu v České republice. Klesají objednávky na zboží všeho druhu a ani letecké motory nejsou bohužel výjimkou. Z tohoto důvodu se vedení firmy Honeywell Aerospace Olomouc s.r.o. muselo rozhodnout, zda při rozjíždění nového projektu výroby čtyř dílců proudových motorů bude volit dvousměnný provoz s počátečními vyššími investičními náklady, ale nižšími variabilními s možností významného navýšení výroby povoláním třetí směny, nebo zda se rozhodne rovnou pro provoz třísměnný s nižší počáteční investicí do vybavení, zato ale vyššími náklady na mzdy a praktickou nemožností výrazného navýšení výroby.

Tuto otázku jsem se pokusil vyřešit v této diplomové práci pod vedením inženýrů přímo zainteresovaných v tomto projektu. S jejich pomocí jsem vypracoval kapacitní propočty, dispoziční návrhy řešení jednotlivých pracovišť a ekonomické zhodnocení výhodnosti jednotlivých variant.

2 LITERÁRNÍ STUDIE

2.1 Technologie výroby dílců proudových motorů

Technologie výroby dílců proudových motorů je výrobou mající některé odlišnosti proti běžným výrobám. Jedná se především o využití některých málo využívaných druhů materiálů, jsou vysoké požadavky na přesnost výroby a využívají se některé atypické metody tváření a obrábění. Stěžejní metody obrábění ovšem zůstávají klasické třískové. (1) (2)

2.1.1 Třískové obrábění

Soustružení

Soustružení je obráběcí metoda, kterou používáme ke zhotovení rotačních tvarů a součástí. Většinou při tom používáme jednobřité nástroje různého provedení. Soustružení z mnoha hledisek představuje nejjednodušší způsob obrábění a také velmi častou metodu používanou ve strojírenství. (3)

Hlavním pohybem je obvykle rotační pohyb obrobku, při němž rychlost pohybu hlavního, je zároveň rychlostí řeznou. Posuvový pohyb je obvykle přímočarý, ale může být i obecný a vykonává ho zpravidla nástroj. Řezný pohyb při soustružení válcové plochy má tvar šroubovice, při obrábění čelní plochy zase tvar Archimédovy spirály. (3)

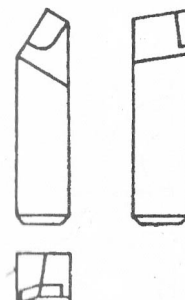
Při soustružení válcové plochy při konstantních otáčkách obrobku n a konstantní rychlosti posuvu v_f bude řezná rychlost v_c a rychlost řezného pohybu v_e taktéž konstantní. Pokud ale soustružíme čelní plochu za konstantních otáček n a konstantní posuvové rychlosti v_f , řezná rychlost v_c a rychlost řezného pohybu v_e se bude měnit v závislosti na aktuálním obráběném průměru. (3) (4)

Soustružnické nože

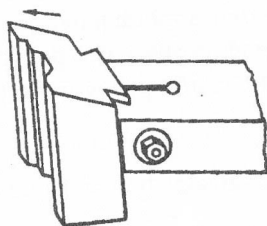
Soustružnické nože jsou nejpoužívanějšími soustružnickými nástroji. Rozlišujeme několik skupin a to nože: radiální, prizmatické, kotoučové, tangenciální a naposledy nože s vyměnitelnými břitovými destičkami. (3)

Radiální soustružnické nože dělíme dle polohy ostří v pracovní souřadnicové soustavě na nože pravé – mají směr pohybu posuvu zprava doleva a nože levé – směr posuvového pohybu je zleva doprava.

Radiální nože můžeme mít i tvarové, ty mají negativní tvar soustružené plochy ortogonální úhel čela je obvykle $\gamma_0=0^\circ$, abychom nemuseli provádět korekci tvaru. (3) (4)



Obr. 1.1 Radiální soustružnický nůž (3)

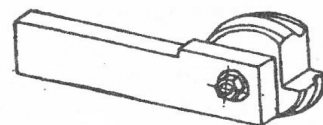


Prizmatické nože se jako nože tvarové používají pro vnější soustružení tvarových ploch zapichováním. Profil nože je řešen pro jednotlivé uzlové body v čelní rovině a potom i rovině radiální. (3)

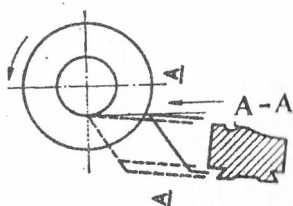
Obr. 1.2 Prizmatický nůž (3)

Kotoučové nože používáme výhradně jako nože tvarové. Jejich tvar po obvodu kotouče není shodný s tvarem, který potřebujeme obrobit. Kotoučové nože ostříme na čele a můžeme je naostřit několikrát, aniž by se měnil jeho funkční tvar.

Osa nože je v držáku ustavena nad osou obrobku v závislosti na požadovaném úhlu hřbetu α_0 . (3)



Obr.1.3 Kotoučový soustr.nůž (3)



Tangenciální soustružnické nože rovněž používáme jako nože tvarové, a to nejčastěji na soustružnických revolverech nebo automatech. Nůž vykonává pohyb po přímce, která je mimoběžná s osou rotace obrobku.

Posuv na otáčku f je během obrábění konstantní, nicméně v závislosti na aktuálním průměru obrábění se mění jmenovitá tloušťka řezu h_D a pracovní úhly. (3)

Obr. 1.4 Tangenciální soustr. nůž (3)

Obrábění začíná na maximálním průměru, kdy je jmenovitá tloušťka třísky největší a končí, když je jmenovitá tloušťka třísky nejmenší a povrch se dokončuje.

Pracovní úhel čela se může měnit od negativních hodnot na začátku obrábění až po hodnoty pozitivní při dokončování obrábění. (3)

Nože s vyměnitelnými břitovými destičkami:

Vyměnitelné břitové destičky jsou upnuté k nožovému držáku mechanicky. Tyto řezné destičky jsou většinou vyráběny ze slinutých karbidů, řezné keramiky, cermentů, kubického nitridu bóru, nebo i ze syntetického diamantu. Většina destiček má více břitů a po ztupení jednoho je pootočená do další polohy, ve které je obráběno dalším břitem. Výměna je rychlá a snadná a většinou není nutné seřizovat polohu destičky v nožovém držáku. (3)

Destičky jsou v držácích umístěny taky, aby řezné síly při obrábění směřovaly do stěn vybrání, které je pro ně připraveno a aby co nejméně zatěžovaly upínací mechanismus. (3)

Stavitelné držáky umožňují konstrukci speciálních soustružnických nástrojů s vyměnitelnými břitovými destičkami. Držák je složen z tělesa, ve kterém je

vytvořeno lůžko pro destičku, šroubu, kterým je držák k tělesu připevněn a ze dvou šroubů pro axiální a radiální nastavení. (3)

Frézování

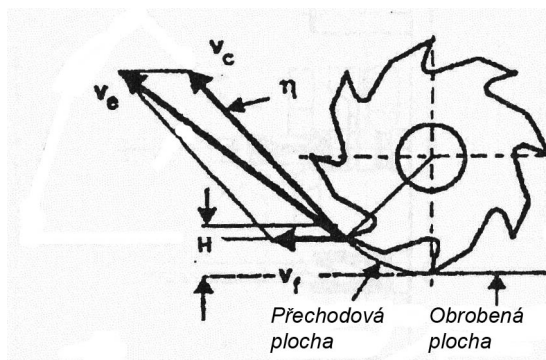
Frézování je metoda obrábění, při které je materiál obrobku odebírán břity otáčejícího se nástroje. Posuv nejčastěji koná součást a to většinou ve směru kolmém k ose nástroje. U moderních frézovacích strojů (CNC frézky, obráběcí centra) můžeme posuvy plynule měnit a můžeme je realizovat ve všech směrech. Řezný proces není plynulý, ale je přerušovaný v důsledku toho, jak jednotlivé zuby frézy odsekávají třísky materiálu s proměnlivou tloušťkou. (3) (4)

Z hlediska technologie rozlišujeme v závislosti na nástroji frézování válcové (frézujeme obvodem) a frézování čelní (frézujeme čelem). Z těchto dvou základních způsobů jsou odvislé i další způsoby, jakou jsou třeba frézování okružní nebo planetové. (3) (4)

Válcové frézování uplatňujeme především při práci s válcovými a tvarovými frézami. Zuby frézy jsou vytvořeny pouze po obvodu nástroje a hloubku odebírané vrstvy nastavujeme kolmo na osu frézy a směr posuvu. Obrobená plocha je rovnoběžná s osou rotace frézy. (3)

V závislosti na kinematice rozlišujeme frézování sousledné (sousměrné) a nesousledné (protisměrné).

Při **nesousledném frézování** rotuje nástroj proti směru posuvu obrobku. Obrobená plocha vzniká během vnikání nástroje do obrobku. Tloušťka třísky se mění plynule a to z nuly až na maximální hodnotu. K oddělování třísky nedochází při její nulové tloušťce, ale až po částečném skluzu břitu po ploše, kterou vytvořil předcházející zub. Při tomto vznikají síly, které způsobují deformace a opotřebení břitu. Při tomto typu frézování je jedna ze složek řezné síly i složka, která odtahuje obrobek od stolu. Je tedy nutné zabezpečit dobré upnutí. (3) (4)

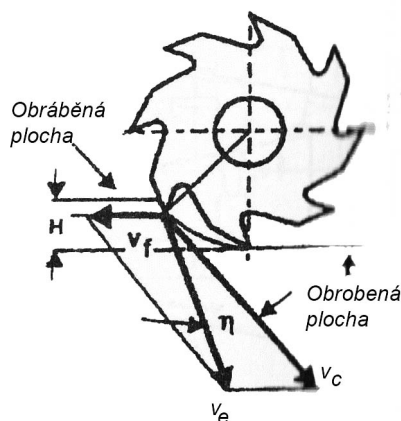


Obr. 1.5 Nesousledné frézování (3)

Hlavní výhody:

- trvanlivost nástroje nezávisí na okujích nebo písčitém povrchu obrobku
- netřeba vymezit vůli mezi posuvovým šroubem a maticí stolu stroje
- menší opotřebení šroubu a matice
- záběr zubů frézy nezávisí při vřezávání na hloubce řezu

Při **sousledném frézování** nástroj rotuje ve směru posuvu obrobku. Maximální tloušťka třísky je v bodě, kde fréza vniká do obrobku a pak se ztenčuje až na nulovou hodnotu. Obráběná plocha se utváří v místě, kde nástroj vychází z obrobku. Řezné síly působí obvykle směrem dolů a je tudíž nutné tento způsob obrábění realizovat pouze na tomto přizpůsobeném stroji při vymezení vůlí a předpětí mezi posuvovým šroubem a maticí stolu frézky. V opačném případě vůle způsobuje nestejnoměrný posuv, při kterém může dojít k poškození nástroje, nebo i stroje. (3) (4)



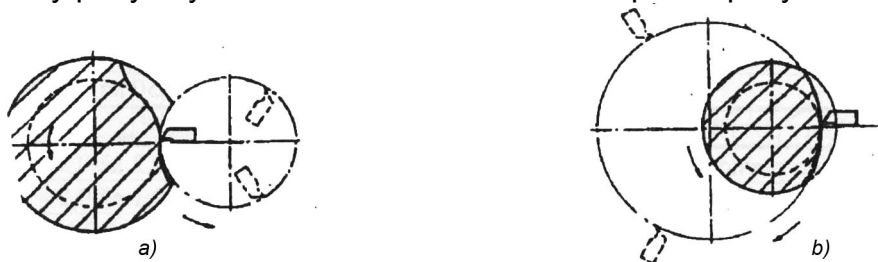
Obr 1.6 Sousledné frézování (3)

Hlavní výhody:

- vyšší trvanlivost břitů umožňuje použití vyšších řezných rychlostí a posuvů
- potřebujeme menší řezný výkon
- řezná síla tlačí obrobek ke stolu, je možno použít jednodušší upínací přípravky
- menší sklon ke chvění
- většinou menší sklon k vytváření nárůstku
- menší drsnost obrobeného povrchu

Existuje i způsob frézování, kdy jsou břity umístěny jak na obvodu, tak i na čele nástroje.

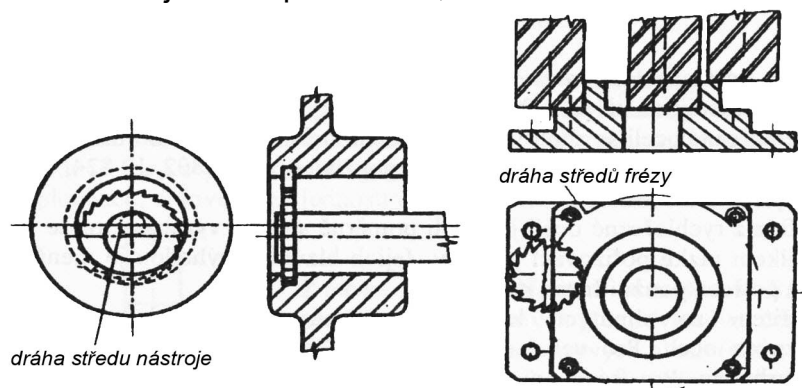
Okružní frézování využíváme při obrábění dlouhých válcových tyčí a při výrobě závitů. Nástrojem je frézovací hlava osazená několika noži. Při obrábění tyčí koná frézovací hlava rotační a posuvný pohyb, pokud řezeme závit, posuvný pohyb vykonává obrobek a hlava koná pouze pohyb rotační. (3)



Obr 1.7 Okružní frézování (3)

- a) nástroj je vně obrobku
b) obrobek uvnitř nástroje

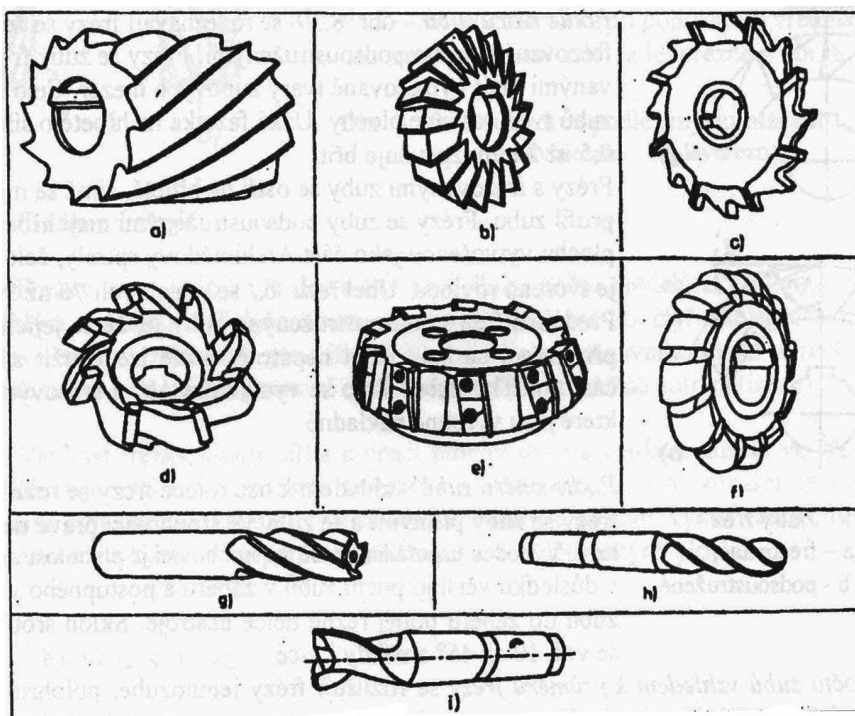
Planetové frézování uplatňujeme u CNC frézek a u obráběcích center vybavených kruhovou interpolací, což znamená, že pohyb frézek může být u těchto strojů řízen po kružnici, takže lze obrábět rotační plochy nebo jejich části.



Obr. 1.8 Planetové frézování (3)

Tento způsob využíváme pro frézování vnitřních zápchů, vnějších válcových zaoblení, kruhových zaoblení, větších otvorů a čelních ploch. (3)

Frézovací nástroje:



Obr. 1.9 Frézovací nástroje: (3)

a – válcová fréza

b – úhlová fréza

c – kotoučová fréza

d – čelní fréza

e – frézovací hlava

f – tvarová fréza

g – čelní válcová

h – kopírovací fréza

i – drážkovací fréza

Frézy jakožto několikabřité nástroje mají břity uspořádány na válcové, kuželové nebo jiné tvarové ploše, v případě fréz čelních také na čelní ploše.

Frézy můžeme členit do několika skupin dle různých hledisek:

Dle materiálu nástroje rozlišujeme frézy z rychlořezných ocelí, slinutých karbidů, řezné keramiky nebo kubického nitridu bóru. Zvláště poslední dvě jmenované se v poslední době uplatňují v čím dál větší míře.

Výhodou rychlořezné oceli je její nízká cena, dobře se ostří a poměrně snadno se z ní vyrábí frézy. Její nevýhodou je menší produktivita a potřeba použití řezné kapaliny.

Pro velké úběry materiálu se téměř výlučně používají frézy ze slinutých karbidů. Tam, kde jsou řezné podmínky intenzivnější, jako například u CNC strojů, tam používáme povlakované destičky a slinuté karbidy na bázi TiC, Ni, Mo. (3)

Dle tvaru zubů rozeznáváme frézy se zuby frézovanými nebo podsoustruženými.

Frézy s frézovanými zuby mají vyfrézovány tvary zubových mezer a hřbet i čelo zubu tvoří rovinné plochy. Ostříme je na hřbetě, čímž ovšem měníme profil zubu.

Frézy s podsoustruženými zuby mají hřbetní plochu vytvořenou jako část Archimédovy spirály a čelo zubu je tvořeno rovinou. Jejich výhodou je, že se při ostření jejich profil mění jen nepatrně a můžeme tedy využít větší část zubu, čehož využíváme především u tvarových fréz, jejichž výroba je nákladná. (3)

Podle směru zubů vzhledem k ose rotace frézy rozlišujeme frézy s přímými zuby nebo frézy se zuby do šroubovice, která může být pravá nebo levá. Výhodou uspořádání zubů do šroubovice je plynulejší chod v důsledku většího počtu zubů v záběru. (3)

Dle počtu zubů vzhledem k průměru frézy je rozlišujeme na jemnozubé, polohrubozubé a hrubozubé.

Pro klidný chod frézy má být počet zubů takový, aby byly vždy nejméně dva zuby v záběru. (3)

Dle konstrukčního uspořádání se rozlišují frézy celistvé, mající těleso i zuby z jednoho kusu rychlořezné oceli popř. slinutého karbidu a frézy s vkládanými řeznými destičkami. Tento typ se v současné době uplatňuje čím dál více. (3)

Dle geometrického tvaru se frézy dělí na válcové nástrčné, nebo se stopkou u nichž jsou zuby pouze na válcové ploše, čelní válcové frézy nástrčné nebo se stopkou, které mají zuby navíc i na čelní ploše, kotoučové frézy s přímými zuby nebo se zuby ve šroubovici, úhlové frézy a tvarové frézy. (3)

Případně se dále dají dělit z technologického hlediska (rovinné či tvarové plochy), způsobu upnutí (nástrčné či se stopkou) a dle smyslu otáčení (pravořezné a levořezé).

Frézování ale není vždy jen otázkou hardwaru. S příchodem CNC frézek se dostává ke slovu adaptivní frézování. Jedná se o výpočet dráhy takovým způsobem, aby bylo dosaženo maximálně možného zatížení nástroje a přitom, aby nástroj nebyl nikdy přetížen. Tato dráha je vypočítána speciálním výpočtem,

který již není možné dosáhnout běžným způsobem. Navíc tato technologie nabízí i použití "Redukce kroku", čímž je optimalizována výsledná drsnost povrchu.

Adaptivní obrábění zajistí odebrání co nejvíce materiálu v co nejkratším čase při zajištění maximální bezpečnosti obráběcího procesu a to vše s optimalizací drsnosti výsledného povrchu připraveného pro dokončovací způsoby obrábění.

Broušení

Broušení se používá většinou jako dokončovací operace u součástí, které mají větší nároky na přesnost rozměrů a jakost povrchu. Dále se uplatňuje při obrábění materiálů, u kterých není možné použít jinou metodu obrábění, nebo by jiná metoda byla příliš nevhodná. S rozvojem výkonných brousících strojů a nástrojů se význam broušení rozšiřuje také na produkční obrábění. (3) (4)

Brousící proces má podobné charakteristiky jako jiné obráběcí procesy, zvláště blízký je pak frézování. Broušení se od frézování odlišuje především různorodostí geometrického tvaru brousícího zrna a jejich nepravidelným rozmístěním po brousícím kotouči. Úhel čela zrn bývá zpravidla záporný. Brousící proces probíhá při vysokých řezných rychlostech (30 – 100 m/s) a při velmi malých průřezech třísky (10^{-3} až 10^{-5} mm²) (3) (4)

Obrábění brousícím kotoučem se od jiných liší v tzv. schopnosti samoostření. Tato vlastnost souvisí s poměrně málo pevným zakotvením brousícího zrna ve vazbě kotouče. V důsledku zvýšení řezných sil na otupených zrnech se tato vylomí a jejich funkci zastanou neotupená zrna. (3)

Brousící proces je uskutečňován různými metodami. Podle tvaru povrchu a způsobu jeho vytváření rozlišujeme:

- rovinné broušení
- broušení do kulata
- tvarovací broušení
- kopírovací broušení
- broušení tvarovými brousícími kotouči

Podle aktivní části brousícího kotouče specifikujeme:

- obvodové broušení
- čelní broušení

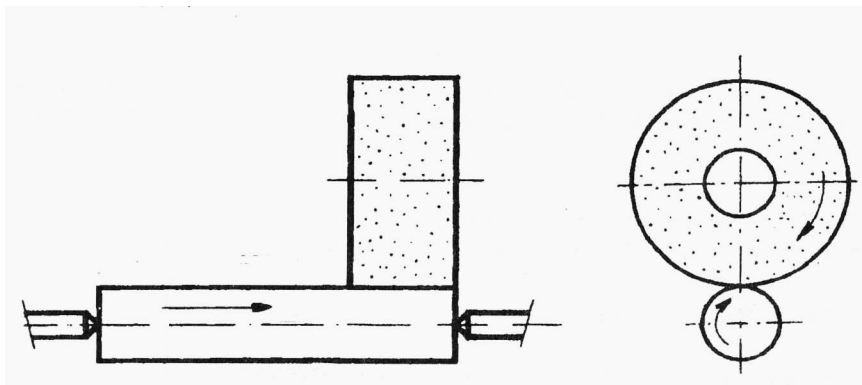
Podle hlavního posuvu brousícího stolu definujeme:

- axiální broušení – hlavní posuv stolu je rovnoběžný s osou kotouče
- tangenciální broušení – hlavní posuv je rovnoběžný s vektorem obvodové rychlosti kotouče
- radiální broušení – hlavní posuv stolu je radiální vzhledem ke kotouči
- obvodové zápichové broušení – posuv stolu je plynulý radiální
- čelní zápichové broušení – posuv stolu je plynulý axiální

Základní metody broušení:

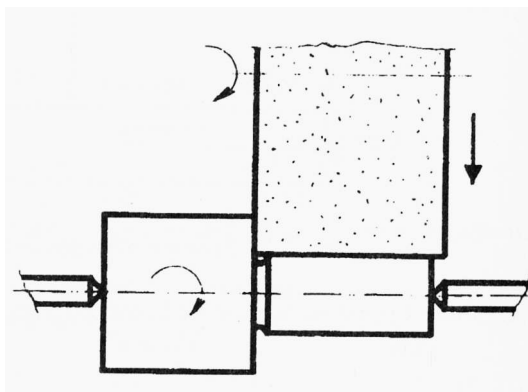
Obvodové broušení do kulata axiální

se používá zejména při broušení dlouhých součástí. Obrobek se otáčí mezi hroty a současně koná pohyb rovnoběžný s osou obrobku, popřípadě pouze rotuje a posuvný pohyb vykonává otáčející se nástroj. (3)



Obr. 1.9. Obvodové broušení do kulata axiální (3)

Obvodové broušení do kulata radiální



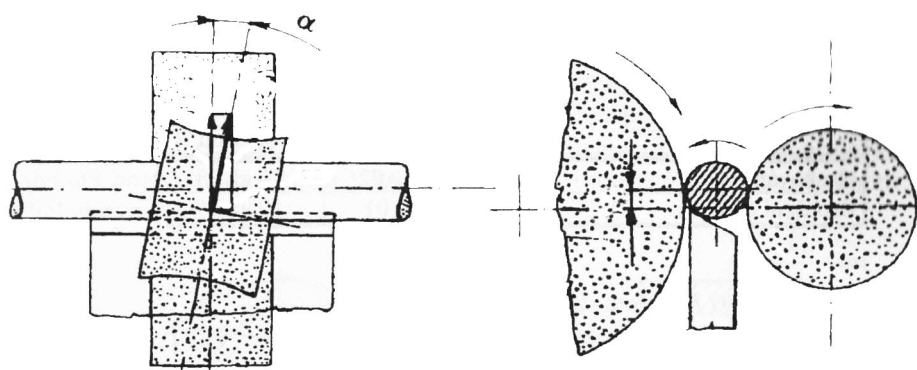
Podmínkou pro aplikaci radiálního broušení je vysoká tuhost obrobku, zpravidla do délky 350 mm. Výkonost radiálního broušení je o 40 – 80% vyšší, než u broušení axiálního. (3)

Obr. 1.10. Obvodové broušení do kulata radiální (3)

Obvodové broušení do kulata bezhroté

umožňuje vyniká produktivitou práce při průchozím i zapichovacím broušení v hromadné a velkosériové výrobě. Používá se při broušení hladkých válcových součástí. (3) (4)

Obrobek se vkládá mezi dva kotouče – jeden brousící a jeden podávací. Brousící kotouč má dvojnásobný průměr, než kotouč podávací. Obrobek se při broušení otáčí obvodovou rychlostí podávacího kotouče a jeho osa je 5 -30 mm nad osami obou kotoučů. Natočením podávacího kotouče dosáhneme rozkladu jeho obvodové rychlosti a z ní se vyvodí axiální posuv obrobku i jeho rotační pohyb. Rychlost posuvu můžeme měnit v závislosti na natočení podávacího kotouče. (3)



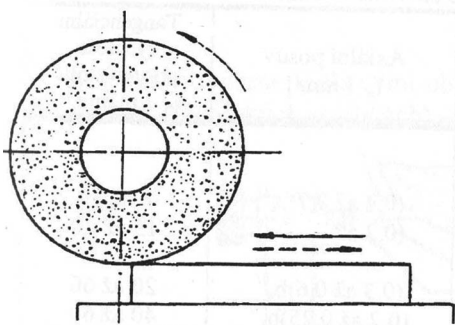
Obr. 1.11. Obvodové broušení do kulata bezhroté (3)

Rovinné broušení

Se používá zpravidla jako dokončovací operace na čisto po předcházejícím frézování nebo hoblování, nebo při obrábění velmi tvrdých materiálů, nebo materiálů s tvrdou kůrou. (3)

Rovinné broušení obvodové

Broušení obvodem kotouče je nejpřesnějším způsobem broušení ploch, protože se pracuje relativně úzkým kotoučem a teplo vzniklé při broušení nám obrobek deformuje jen nepatrně. (3)

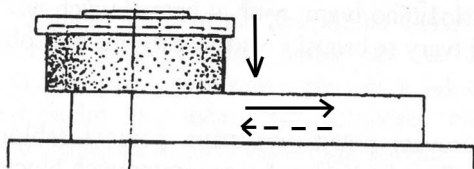


Obr. 1.12. Obvodové broušení rovinné (3)

Používá se především pro výrobu přesných rovinných ploch a při výrobě nástrojů či měřidel. Na bruskách s kruhovým pohybem součásti se obrábějí přesné čelní plochy, jako třeba čela kotoučových fréz, okružních pil atd. Kromě toho na nich lze brousit i plochy mírně kuželovité. (3)

Rovinné broušení čelní

Broušení čelní není sice tak přesné, jako broušení obvodem kotouče, je však mnohem výkonnější. Součást se přímočaře posouvá nebo otáčí. (3)



Obr. 1.13. Čelní broušení rovinné (3)

Při přímočarém pohybu stolu se v sériové a hromadné výrobě brousí zejména menší součásti jako například čelní plochy ozubených kol, pístní kroužky, čela kroužků kuličkových ložisek atd. (3)

Při broušení vnějších průměrů čelem kotouče se používají většinou segmentové hlavy, jež lépe využívají brousícího materiálu, lépe odstraňují třísky, řezná kapalina má lepší přístup do místa broušení, styčné plochy s obrobkem jsou menší a tudíž dochází k menšímu zahřívání. (3)

U rovinných brusek brousících celistvými kotouči se někdy vřetenem sklání k obráběné ploše o několik stupňů, čímž dosáhneme zlepšení řezných podmínek, zlepšeného odvodu třísek a lepší chlazení, naproti tomu ale obráběná plocha má horší rovinnost. (3)

2.1.2 Svařování

Svařování je spojování materiálů podobných vlastností, kdy dochází k natavení základního materiálu. Tím se liší od pájení, při kterém nedochází k natavení základního materiálu. Existuje řada způsobů svařování. Liší se podle svařovaného materiálu a použité technologie. (5) (6) (7)

Jedním z hlavních problémů při svařování je, že kovy reagují s atmosférou rychleji, když stoupá jejich teplota. Metoda, jak chránit horký kov před účinky atmosféry, je druhým nejdůležitějším rozlišujícím znakem. Technika sahá od svařování pod tavidlem, které vytváří ochrannou strusku, až po svařování v ochranné atmosféře (5) (6) (7)

Výhody svařování:

- Nerozebíratelný spoj
- Dlouhodobá trvanlivost spoje
- Vysoká pevnost
- Nízká spotřeba materiálu

Nevýhody svařování:

- Nerozebíratelný spoj
- Změna vlastností a struktury materiálu v okolí spoje
- Vznik vnitřních pnutí a deformací

Svařování dělíme dle použité technologie na:

Svařování plamenem

Je tradiční a široce rozšířená metoda. Plamen je směs hořlavého plynu (nejčastěji acetylenu) a kyslíku. Hořením vzniká teplota okolo 3000°C. Svářecí souprava se skládá z ocelových tlakových lahví, tlakových hadic, redukčních ventilů a svařovacího hořáku. (5) (6) (7)

Svařování elektrickým obloukem

Metoda svařování obloukem, poprvé zavedená koncem 19. století, však zůstává nejvýznamnější a nejvíce používanou technikou. Jak název napovídá, zdrojem tepla je elektrický oblouk vytvořený nejčastěji mezi svařovaným dílem a

elektrodou nebo svařovacím drátem. Elektrická energie přeměněná na teplo vytváří oblouk o teplotě až 7 000°C, čímž se kovy roztaví a spojí.

Zdrojem tepla je elektrický oblouk, hořící mezi elektrodou a svařovaným materiálem.

Teplem dojde k místnímu natavení a spojení svařovaných součástí Proud lze použít přímo z elektrické sítě (230/400 V) (5) (6) (7)

Elektrody, které při tomto typu svařování používáme, mohou být tavící se - odtavují se a mají podobné složení, jako základní materiál, nebo netavící se - prostředkem k vytvoření oblouku je nejčastěji wolframová elektroda-musí se do svaru přidávat přídavný materiál.

Obaly elektrod nám zajišťují stabilitu hoření elektrického oblouku, ochranu svařovaného kovu před účinkem okolní atmosféry a mohou nám legovat tavnou lázeň. (5) (6) (7)

Svařování v ochranné atmosféře: (5) (6) (7)

Je metoda, kdy je svařovaný kov chráněn přiváděným plynem před účinky okolní atmosféry. Typy svařování pod ochrannou atmosférou:

- *MAG* - Metal Active Gas – obloukové svařování tavící se elektrodou pod ochranou přiváděného aktivního plynu (CO_2 ; směs CO_2 s inertními plyny). CO_2 se v žáru elektrického oblouku rozkládá na kyslík a oxid uhelnatý. Elektrodou je svařovací drát přiváděný podávacím zařízením. Výhodou tohoto typu svařování je nižší pořizovací cena plynu CO_2
- *MIG* - Metal Inert Gas – obloukové svařování tavící se elektrodou pod ochranou přiváděného inertního (netečného) plynu (Ar; He; směs Ar a He). Elektrodou je opět drát přiváděný podávacím zařízením. Nevýhodou této metody je poněkud vyšší cena plynu.
- *WIG* - Wolfram Inert Gas Welding – sváření netavnou wolframovou elektrodou v inertním plynu. Přidává se přídavný drát jako plnicí materiál. Ochrannými plyny jsou zde Argon a Helium.

Argon - podporuje klidný a stabilní oblouk, nicméně má vysokou cenu

Helium – je lehčí než vzduch a je velmi čisté. Jedná se o kvalitní ochranný plyn, což z něj činí nejdražší variantu inertní atmosféry

CO_2 je bezbarvý, bez zápachu, jedná se o aktivní plyn vytvářející hluboký, pravidelný závar, avšak způsobuje velký rozstřík svarového kovu

O_2 pouze ve směsi jako přídavný plyn - pro podporu hoření

Svařování elektrickým odporem: (7)

svařovaným materiálem prochází elektrický proud, tím se materiál ohřívá na teplotu svařování a působením tlaku dojde k vytvoření spoje. Používá se v kusové i sériové výrobě, je zde samozřejmě i možnost mechanizace a automatizace. Odporová svářečka má mechanickou a elektrickou část.

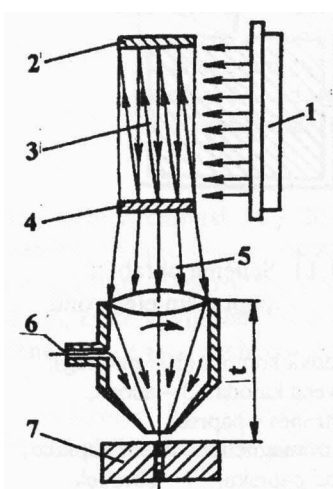
Metody svařování elektrickým odporem: (5) (7)

- stykové (na tupo) - používá se střídavý proud a svařovací proces probíhá odtavovacím způsobem
- bodové – materiál, který chceme svařit musíme částečně přeplátovat elektrody jsou z mědi
- švové – jedná se o obdobu bodového svařování. Rozdíl je v tom, že elektrody mají tvar kotouče. Lze zhotovit průběžné svary různých délek. Jedná se o vysoce produktivní způsob, za jednu sekundu lze zhotovit řádově sto svarů

2.1.3 Obrábění laserem

Při obrábění laserem dochází k odebrání materiálu vlivem silného a úzkého vysoce koherentního, konvergentního a koncentrovaného paprsku monochromatického světla, které je soustředěno na velmi malou plošku.

V místě dopadu světelného paprsku se jeho energie mění na tepelnou o hustotě energie řádově $10^8 \text{ W} / \text{mm}^2$. Teplota, která se u toho vyvine je řádově v desítek tisíců stupňů Celsia, což bohatě dostačuje k roztavení a odpaření materiálu obrobku. (3) (8) (9)



Obr. 1.14. Schéma obrábění laserem

- 1 – stimulace (xenonová výbojka)
- 2 - zrcadlo
- 3 – optický rezonátor
- 4 – polopropustné zrcadlo
- 5 – světelný výstup
- 6 – řezný plyn
- 7 – obrobek

Laserová technika se v oblasti obrábění používá pro řezání těžkoobrobitelných materiálů a pro výrobu velmi přesných otvorů malého průměru ve špatně obrobitelných, případně nekovových a elektricky nevodivých materiálech. (3) (8) (9)

K typickým aplikacím laserové techniky patří výroba průvlaků z diamantu, spékání karbidů pro tažení tenkých drátů, výroba trysek karburátorů nebo pro výrobu součástí mikroelektroniky.

Vrtání laserem: (3) (8) (9)

Poprvé byl laser použit v roce 1965 k vrtání otvorů v diamantových průvlacích pro tažení drátů. Vrtání laserem je založeno na odstraňování materiálu odpařováním. Intenzita svazku musí být vyšší než u svařování, a proto se pro tento účel používá pulzních laserů s délkou pulzu menší než 1ms. Pro vrtání laserem platí: Čím je díra delší, tím více se odchyluje tvar díry od geometrie (tj. rozdělení energie) paprsku. Z provedených výzkumů plyne, že kvalitnější díry se získávají při použití krátké doby pulzu. Samotné zkrácení doby pulzu však nestačí, neboť se na stěnách vyvrtané díry tvoří 0,1 mm tlustá vrstva odtaveného materiálu. Zlepšit odstraňování odtaveného materiálu lze použitím vhodné metody vrtání. Vrtání laserem je možné jednotlivými pulzy, opakovanými pulzy, vyřezáváním díry při pohybu stopy po kružnici, vyřezáváním díry při pohybu stopy po šroubovici či laserovou erozí.

Předností laserového vrtání je vytváření malých otvorů i v místech, kde je to pomocí jiných metod obtížné nebo nemožné. Díry mohou být kruhové i tvarové. Délka vrtané díry může být až 50 mm. Vrtat lze kovy, plasty, textilie, dřevo, sklo, keramiku a jiné přírodní materiály. Tato technologie se používá pro vrtání kamenů do hodinek, filtrů, vstřikovacích trysek, lopatek proudových motorů apod.

2.2 Strojní vybavenost odpovídající daným technologiím

2.2.1 Stroje pro třískové obrábění

Soustruhy

představují největší podíl ze strojírenské obráběcí techniky. V obráběcích provozech je najdeme ve velkém počtu, v nejrůznějších typech a s různým stupněm automatizace. (3)

Z hlediska technologie konstrukce je dělíme na soustruhy:

- **Hrotové (3) (4)**

Jsou používány v kusové a malosériové výrobě k soustružení hřídelí a přírub různých velikostí bez náročného seřizování stroje.

Pokud se týká technologických možností, lze na hrotových soustruzích obrábět jak vnější plochy, tak plochy vnitřní, rovinné čelní plochy, řezat závit, soustružit kuželové plochy, popřípadě tvarovými noži soustružit plochy tvarové.

Univerzální soustruhy mají vodící šroub, který umožňuje řezání závitů a mají rovněž velký rozsah posuvů a otáček.

Jednoduché hrotové soustruhy nejsou vybaveny vodícím šroubem a proti univerzálním bývají vybaveny větším elektromotorem. Jsou používány hlavně pro hrubovací práce a disponují menším rozsahem otáček, než je tomu u soustruhů univerzálních.

Velikost hrotových soustruhů je posuzována dle největšího vnějšího průměru, jež je soustruh schopen obrobit. Dalším parametrem může být největší soustružená délka.

- *Revolverové (3) (4)*

Určeny jsou hlavně pro výrobu v menších a středních sériích, které k obrobení vyžadují použití většího počtu nástrojů. Nástroje pro obrábění povrchu a děr jsou zde upnuty v držácích v upínacích otvorech revolverové hlavy.

Součásti se obrábějí na jedno upnutí a postupně se využijí všechny potřebné obráběcí nástroje, které máme upnuty do revolverové hlavy.

Při porovnání s hrotovými soustruhy mají revolverové předost především v rychlé a přesné výměně obráběcího nástroje, v možnosti obrábět několika nástroji současně a případně v současné práci revolverové hlavy a příčných suportů.

Výchozím materiálem je buď tyčový materiál, který upínáme do kleštin, nebo výkovky, výlisky a odlitky, které upínáme do sklíčidel. Řízení pracovního cyklu nástrojů vykonává obsluha stroje, nebo je pracovní cyklus automatizován. Rovněž řízení posuvů a otáček je možno automatizovat či řídit programem. Revolverové soustruhy dnes totiž většinou vidíme jako CNC soustruhy.

Dle osy otáčení revolverové hlavy je dále můžeme dělit na soustruhy s *vodorovnou* či *svislou osou otáčení*.

- *Svislé soustruhy (karusely) (3) (4)*

Se používají v kusové, malosériové a některé typy i sériové výrobě středních a velkých rotačních součástí, jež mají malý poměr délky ku průměru.

Jejich hlavními součástmi jsou otočný stůl, stojany a příčníky se suporty. U menších a středně velkých strojů je otočný stůl uložen na valivém vedení, u velkých stolů potom na vedení prizmatickém.

Karusely jsou vyráběny ve dvou variantách - a to malé, do průměru stolu 1200 mm, ty jsou jedno stojanové a velké - dvou stojanové, které se dělají až do průměru stolu 18 000 mm.

Jako zvláštní příslušenství pro broušení vnějších i vnitřních ploch je možno použít naklápěcí brousící vřeteník. Rovněž jsou často vybaveny indikací polohy a většina nových je k dostání jako číselně řízený. U větších strojů se také používá plynulá změna otáček a posuvů.

Další dělení je možno provést dle stupně automatizace a to na soustruhy:

- *Ručně ovládané*
- *Poloautomatické* (3) (4)
Mají automatizovaný obráběcí cyklus, avšak k opakování cyklu je nutný zásah obsluhy.

Uplatňují se především ve středněsériové a velkosériové výrobě. Automatizace pracovního cyklu je dosahováno především aplikací CNC.

- *Automatické soustruhy* (3) (4)
Slouží k obrábění složitých rotačních součástí. Pracovní cyklus i případná změna obrobku je prováděna automaticky.

Pro obrábění přílbovitých součástí bývají vybaveny zařízením pro automatické vkládání obrobku před samotným procesem obrábění a následně po procesu jeho pro jeho vyjmutí.

Bývají vybaveny rozsáhlým příslušenstvím umožňujícím dokončit obráběnou součást včetně nesoustružnických operací jako například frézování drážek nebo vrtání mimo osu rotace obrobku.

Frézky

Jsou vyráběny a dodávány ve velkém počtu modelů a velikostí, často s rozsáhlým příslušenstvím.

Velikost frézky určuje šířka upínacího stolu a velikost kužele ve vřetenu pro upnutí nástroje. Dalšími důležitými parametry jsou maximální délky pohybu pracovního stolu a vřeteníku, rozsahy otáček vřetena a rychlosti posuvů, výkon elektromotorů a v neposlední řadě taky kvalitativní parametry obrobených ploch. (3) (4)

Frézky zpravidla je členíme do tří základních skupin:

- *Konzolové frézky* (3) (4)
Charakteristickou částí tohoto typu frézek je výškově nastavitelná konzola. Po ní se pohybuje příčný stůl s podélným pracovním stolem. Tato kombinace pohybů umožňuje přestavování obrobku ve třech pravoúhlých osách vzhledem k nástroji.

Konzolové frézky jsou vhodné k frézování tvarových i rovinných ploch u menších a středně velkých obrobků v kusové a malosériové výrobě. Vyrábějí se ve třech základních variantách a to jako konzolové frézky svislé, vodorovné a univerzální.

- Svislé
mají osu pracovního vřetena kolmou k upínací ploše stolu. Pracovní vřeteno je uloženo buď ve svislé hlavě připevněné ke stojanu frézky, nebo přímo na stojanu. Svislá hlava se dá natáčet o $\pm 45^\circ$, vřeteno bývá svisle přestavitelné.

Používáme je zejména pro frézování rovinných rovnoběžných ploch. Používáme k tomu většinou čelní frézy upnuté na krátkém trnu, nebo frézy s kuželovou stopkou upnuté přímo do kužele vřetena. Na největších svislých konzolových frézkách se též používají frézovací hlavy.
- Vodorovné
Mají vodorovnou osu pracovního vřetena, rovnoběžnou s plochou podélného stolu a kolmou na směr pohybu podélného stolu.
Frézujeme na nich většinou plochy rovnoběžné s upínací plochou stolu, drážky a tvarové plochy.
Používáme na nich nejčastěji frézy válcové, kotoučové a tvarové. Frézovací trn může být podepřen v ložiskách, a to většinou v jednom, případně ve dvou.
- Univerzální
Se liší od konstrukce vodorovných konzolových frézek tím, že jejich podélný stůl je ve vodorovné rovině kolem svislé osy kolmé k upínací ploše stolu otočný o $\pm 45^\circ$ v obou směrech.
- Stolové frézky (3) (4)
Nemají konzolu a mají obvykle podélný a příčný stůl. Pohyb ve svislém směru pro nastavení nástroje vzhledem k obrobku je zajištěn posuvem frézovacího vřeteníku po vedení stroje.
Na stolových frézkách je možno kvalitně a produktivně obrábět rozměrnější a těžší součásti.
Vyrábějí se jak ve svislém, tak ve vodorovném provedení.
- Rovinné frézky (3) (4)
Patří mezi nejvýkonnější druh frézek. Mají velmi robustní konstrukci a umožňují tak obrábět i velmi těžké obrobky. Jsou vhodné v kusových a malosériových výroбах, uplatňují se však i ve výrobě sériové.

Při obrábění vodorovných, svislých a šikmých ploch na nich pracujeme většinou frézovacími hlavami a při obrábění úzkých ploch a drážek používáme frézy stopkové.

U rovinných frézek se stůl pohybuje pouze v jednom – vodorovném směru, má tedy pouze jeden stupeň volnosti.

Brusky

Brousící stroje jsou dodávány ve velmi širokém spektru druhů a pro široké možnosti použití. Dále uvádím konstrukčně technologicky vybrané druhy brusek.

- Hrotové brusky (3) (4)

Využíváme k broušení rotačních ploch obrobků upnutých mezi hroty. Nejrozšířenější jsou univerzální hrotové brusky, používané k broušení válcových, kuželových a čelních ploch, případně k broušení děr.

Brousící vřeteník je otočně uložen na zadní části stojanu, což umožňuje broušení strmých kuželů. Lože je umístěno na stojanu proti vřeteníku a po jeho vedení se v podélném směru pohybuje stůl s pracovním vřeteníkem a koníkem. K broušení táhlých kuželů využíváme možnost natáčení horní části stolu.

Pomocí speciálního vřetena je rovněž možno brousit díry v obrobcích, jež jsou upnuty ve sklíčidle.

- Bezhruté brusky (3) (4)

U tohoto typu brusek odpadá upínání obrobku. Jsou konstruovány nejčastěji pro vnější broušení, v menším rozsahu můžeme ale vidět i brusky pro broušení vnitřních rotačních ploch.

Bezhruté brusky nám umožňují zápichové a průběžné broušení. Mají dva vřeteníky – brousící a podávací. Každý vřeteník má vlastní náhon. Brousící vřeteno má konstantní otáčky, u vřetene podávacího kotouče je můžeme měnit. Podávací vřeteník lze přestavovat po vedení lože a nastavit tak požadovaný průměr broušení.

Pro axiální pohyb obrobku při průběžném broušení natáčíme podávací vřeteník a nastavujeme tak mimoběžnost os obou kotoučů. Obvykle se používají v sériové výrobě, kde mohou pracovat v automatickém cyklu.

- Brusky na díry (3) (4)

Jsou vyráběny a dodávány jako sklíčidlové, planetové a bezhruté. Významným představitelem těchto strojů je sklíčidlová bruska.

Obrobek se upíná do sklíčidla pracovního vřeteníku uloženého na příčných saních, které umožňují nastavení obrobku na požadovaný průměr.

Brousící vřeteno má vlastní elektromotor vykonává axiální posuvový pohyb. U větších brusek je pracovní vřeteník umístěn na podélném stole, jež umožňuje axiální posuv obrobku vůči brousícímu kotouči. Brousící vřeteník je v tomto případě uložen na příčných saních a vykonává radiální pohyb.

- Vodorovné rovinné brusky (3) (4)

Jsou charakteristické vodorovnou osou broušícího vřetena a jsou určeny pro broušení rovinných ploch. Obrobky se nejčastěji upínají na elektromagnetickou desku umístěnou na pracovním stole. Pracovní stůl vykonává přímočarý vratný, nebo otáčivý pohyb.

Používají se v kusové a malosériové výrobě, kde jsou vyšší požadavky na přesnost broušených ploch. Broušící vřeteník je svisle přestavitelný a na stojanu stroje je vedení pro příčné saně, na kterých se v podélném směru pohybuje stůl. Rychlost pohybu stolu je možné plynule měnit.

- Svislé rovinné brusky (3) (4)

Jsou charakterizovány svislou osou broušícího vřetena a vysokými broušícími výkony, nicméně horší přesností broušené plochy.

Broušící vřeteník je posuvný po stojanu. Pracovní stůl vykonává pouze vratný, přímočarý pohyb, takže průměr broušícího kotouče musí být větší, než je šířka broušené plochy.

Broušící kotouč je zpravidla segmentový, obrobky se obvykle upínají na magnetickou desku, umístěnou na pracovním stole.

Hlavní současnou nevýhodou NC techniky (její vysokou cenu) je nutno kompenzovat vysokou výrobností. Jelikož cena číslicově řízeného stroje je 4 až 6násobná oproti konvenční technice, měla by výrobnost nového zařízení být 6 až 8násobná.

2.2.2 Svářečky

Typů svářeček je mnoho a primárně se dají rozdělit podle metod sváření. Další dělení je na invertory a choppery. (7)

Nevýhodou invertoru je větší zpětný účinek na primární síť dodavatele elektřiny, protože deformuje jinak sinusové průběhy proudu a napětí, což za určitých okolností může vést k výpadku jiných přístrojů. Další nevýhodou je komplikovaná konstrukce invertorového modulu, jehož opravu může provádět jen výrobce. Chopper díky své robustní konstrukci umožňuje údržbu a opravy proškolenou obsluhou. (6) (7)



Významné výhody invertoru oproti chopperu však spočívají v jeho hmotnosti a rozměrech. Tyto výhody mohou hrát roli zejména u mobilních svařovacích zařízení. (7)

Svařovací stroje typu CHOPPER pro náročné průmyslové provozy:

Obr. 1.15. Svářečka A CHOPPER

Stroje CHOPPER jsou synergické sekundárně řízené zdroje s plynulou regulací svařovacího proudu, které svařují metodami MIG/MAG a obalenou elektrodou MMA.

K dosažení perfektního nastavení parametrů pro drtivou většinu svářečských prací stačí zadání pouze základních hodnot - metoda svařování, jakost základního materiálu, průměr svařovacího drátu a typ ochranného plynu. Ostatní parametry se nastavují automaticky v rámci synergie. Další zlepšení svařovacích vlastností nabízí možnost použití třech nebo čtyřech svařovacích proudů.

Pro svařování metodou TIG jsou vhodné invertorové stroje se střídavým proudem (AC) nebo stejnosměrným (DC)

2.2.3 Obráběcí lasery

Moderní CNC systémy pracující s laserem mohou dnes zastávat několik funkcí v jednom zařízení. Pro tyto nová laserová obráběcí centra není problémem laserem vrtat, řezat nebo i svařovat a to vše klidně v 5 osách. Vše záleží na nastavení programu a zvolení vhodné laserové hlavy. (3) (8) (9)



Pro vrtání se používají:

CO₂ lasery – pro vyřezávání (kruhových i tvarových) otvorů. Nejmenší průměr vyřezávaného otvoru je 5 mm, nejmenší průměr vrtané díry je 0,2 mm.

Nd:YAG lasery – pro vrtání děr o menším průměru. Nejmenší průměr vrtané díry je 0,025 mm.

excimerové lasery – pro vrtání děr do keramiky

Obr. 1.16. Laserové obráběcí centrum Wimbro Delta (8)

V průmyslu se pro vrtání děr používají především Nd:YAG lasery o výstupním výkonu 100 až 500 W. Doba vrtání závisí na výstupním výkonu laseru a na tloušťce vrtaného materiálu. (3) (8) (9)

2.3 Obecné principy technologického projektování

Technologické projektování můžeme chápat jako tvůrčí činnost technicko-ekonomického charakteru, která je zaměřena hlavně na zpracování variant technologií výroby a montáže strojních součástí, a také technicko-organizačních variant uspořádání výrobních systémů s ohledem na optimální využití všech

hmotných zdrojů, prostředků a pracovních sil, které ovlivňují efektivitu a produktivitu výrobního procesu. (10) (11)

Hlavní náplní technologického projektování je především vypracování technicko-organizačního projektu výroby. V podstatě se jedná o činnosti rozborové, plánovací, organizační a návrhové, jejichž výsledkem je komplexní technologicko-organizační projekt výroby. (10) (11)

Nejdůležitější částí projektové dokumentace je návrh dispozičního řešení rozmístění strojů a zařízení, na které navazuje stavební řešení budov, rozvodů, energií, osvětlení, ergonomii pracovišť, bezpečnost a následné ekonomické vyhodnocení celého projektu. (10) (11)

2.3.1 Kapacitní propočet

Kapacitní propočet je jeden z pilířů technologického projektování, jelikož z něj můžeme určit počty strojů a zařízení, pracovišť, manipulačních prostředků, dělníků, potřebné kapacity energií dle jednotlivých druhů, případně potřebnou plochu. (10)

Kapacitní propočty nám ukazují vztah mezi plánovaným výrobním programem a charakteristikou navrhovaného objektu. Pokud projektujeme zcela nový objekt, pak vypočtené výsledky pouze realizujeme. Pokud výrobu racionalizujeme, potom musíme existující charakteristiky optimálně přizpůsobit plánovanému programu výroby. Kapacitní propočet nám rovněž slouží pro určování investic, ať už jako jednorázových plateb (nákupy strojů), či provozních nákladů. (10)

Je možné použít i obrácený kapacitní propočet a to v případě, máme-li zadanou výrobní kapacitu již existujícího podniku a hledáme nový plán, který optimalizuje využití stávající výrobní kapacity pro co nejvýhodnější ekonomické podmínky. (10)

Metod a postupů kapacitních propočtů existuje několik, ale prakticky rozlišujeme dvě skupiny:

- hrubé kapacitní propočty (10) (11)
 - tento způsob je velmi rychlý, spočívá v užití ukazatelů odvozených z praxe
 - přesnost je závislá na správné volbě ukazatelů
 - většinou vycházíme ze základní plánované roční výroby
 - používáme k rychlým propočtům na začátku projektové práce a při základním zpracování investičních záměrů

Základní výpočty pomocí přímých ukazatelů:

$$\text{- Počet dělníků} \quad D = \frac{V}{q_d}$$

kde V ... objem výroby [Kč], [t], [ks]
 D ...potřebný počet dělníků
 q_d ...ukazatel roční výroby jednoho dělníka

- Počty strojů
$$P = \frac{V}{q_s \cdot s_s}$$

kde P ...potřebné množství strojů a zařízení [ks]
 V ...objem výroby [ks]
 q_s ...ukazatel roční výroby jednoho stroje
 s_s ...strojní směnnost

- Plocha
$$F = \frac{V}{q_F \cdot s_s}$$

kde F ... potřebná plocha [m²]
 V ... objem výroby [Kč], [t], [ks]
 q_F ... výrobnost na 1m² plochy v jedné směně
 s_s ... strojní směnnost

- přesné kapacitní propočty (10) (11)
 - pro tento způsob výpočtu musíme mít k dispozici plán výroby a počty vyráběných kusů plus samozřejmě technologické postupy výroby
 - při výpočtu bilancujeme potřebné Normohodiny (N_h) na zhotovení výrobního programu s aktuální kapacitou dělníků a strojů
 - jako základ pro výpočet počtu strojů a zařízení většinou bereme dvousměnný provoz

- Pracnost operace na jeden kus:

$$t_k = t_{AC} + \frac{t_{BC}}{d} \text{ [Nmin]}$$

kde t_k ... čas kusový [Nmin]
 t_{AC} ... čas jednotkové práce [Nmin]
 t_{BC} ... čas dávkové práce [Nmin]
 d ... počet kusů v dávce [ks]

Normovaná pracnost součásti je součet normovaných pracností všech operací a stejně tak normovaná pracnost celého výrobku je součtem pracnosti výroby všech součástí plus pracnosti montáže.

- Teoretický počet strojů a zařízení:

$$P_{th} = \frac{t_k \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot S_s \cdot K_{pn}}$$

kde	P_{th} ... teoretický počet strojů	[ks]
	t_k ... kusový čas na donou operaci	[Nmin]
	E_s ... efektivní fond stroje v jedné směně	[hod/rok]
	N ... počet vyráběných kusů	[ks]
	S_s ... směnnost pracovišť	
	K_{pn} ... koeficient překračování norem	

Podrobné kapacitní propočty dle výrobního plánu můžeme zpracovat statickým nebo dynamickým způsobem.

Statický výpočet dává přehled o průměrné potřebě strojů, dělníků a ploch projektovaného objektu za celé časové období. Statický výpočet je dostatečný pro zabezpečení požadovaných investic a lidí. (10) (11)

Ve vyšších typech výroby, kde je vyráběný sortiment i výkon objektu celkem stabilní, se výsledky statického výpočtu příliš neliší od reálné výroby v daných kvartálech nebo měsících. (10) (11)

V nižších typech výroby, kde se výrobky do dílen přisouvají v určitém množství a na jednotlivých pracovištích se v průběhu týdne mění, nemusí být výsledky statických kapacitních propočtů v souladu s potřebami v jednotlivých kratších časových úsecích, jako je týden nebo den. V těchto případech zavádíme dynamický kapacitní propočet a prověřujeme okamžité kapacitní potřeby. (10) (11)

Dynamický kapacitní propočet zjišťuje okamžitou kapacitní potřebu strojů a zařízení, lidí a ploch ve stanoveném časovém úseku podle krátkodobých operativních plánů. Určuje tedy kritické pracoviště, kde v určitých časových úsecích může dojít ke kapacitním disproporcím. (10) (11)

K provedení dynamického kapacitního propočtu je zapotřebí více a podrobněji zpracovaných podkladů, než pro metodu statickou. Potřebujeme operativní plán, měsíční, týdenní a často i denní rozpis prací pro jednotlivá pracoviště. (10) (11)

2.3.2 Časové fondy

V podrobných kapacitních propočtech většinou vycházíme z technologických postupů s odhadnutými výkony a pracnostmi, které se pak dodatečně upravují dle skutečných časů a pracností získaných ze zaváděcí série výroby. Většinou tedy pracujeme s N_{hod} a ve výpočtech porovnáváme potřebnou pracnost na výrobu s disponibilní kapacitou pracovišť. (10) (11)

Roční časový fond ručního pracoviště v jedné směně je stejný, jako celkový roční počet hodin ve směně, protože se zde nepočítá čas na odstávku či opravu.

Při 7,5 hodinové směně je **roční časový fond ručního pracoviště**:

$$E_r = (365 - 52 - 52) \cdot \frac{37,5}{5} = 1957,5 \text{ hod / rok}$$

U strojních pracovišť musíme odečíst zhruba 4 – 10% z časového fondu a to v důsledku plánovaných oprav, nebo v menší míře i poruch neboli oprav neplánovaných. (10) (11)

$$E_s = E_r - (0,04 - 0,10) \cdot E_r [\text{hod / rok}]$$

E_s ... roční efektivní časový fond strojního pracoviště při jedné směně

Při výpočtu časového fondu dělníků nesmíme opomenout snižování fondu o průměrnou délku dovolené plus o neplánovanou absenci neboli nemocnost, placené volno atd. (10) (11)

$$E_d = E_r - (25 + 10) \cdot \frac{37,5}{5} = 1695 \text{ hod / rok}$$

E_d ... efektivní časový fond dělníka

2.3.3 Projektování linek

Výroba na lince je metodou výroby s takovým uspořádáním, kde se materiál co nejplynuleji a nejrovnoměrěji zpracovává operacemi, které jsou časově sladěny. Výroba probíhá v nejkratší a obvykle přímé dráze. Hlavním znakem linkové výroby je „linka“, což je dráha, podle které jsou pracoviště seřazeny.

Nejvyšší formou linky je linka se synchronizovaným taktem a nepřetržitou výrobou, kde jednotlivé operace jsou osazeny stavebnicovými obráběcími jednotkami. Dílec po upnutí na mechanizovaný, periodicky se pohybující transportér prochází postupně všemi operacemi automaticky s přesným nastavením do pracovních poloh. Posuv nástrojů k obrobku, do řezu a odsun po zpracování je rovněž automatický a na konci linky vychází obrobený a zkontrolovaný dílec. (10) (11)

Hned první problém, na který narazíme při navrhování předmětné linkové výroby, je stanovení počtu strojů a zařízení tak, aby měly dostatečně vysoké využití. Proto provádíme zásahy do technologického postupu výroby. Především se jedná o členění prací a úpravu časů na jednotlivých pracovištích tak, aby trvání operace bylo násobkem taktu. Tuto synchronizaci musíme provádět s ohledem na využití jak strojů, tak i pracovníků. (10) (11)

Proto kvalifikovaní technologové musí provést dostatečně přesné rozborů časů s cílem následné úpravy jednotkových časů. Jelikož je čas závislý na pracovních podmínkách například měnit tyto parametry: (10) (11)

- *slučovat a rozdělovat operace a úkony*
- *přidat upínací přípravek umožňující současně obrábět více kusů*
- *použít lepší řezné nástroje umožňující dosažení vyšších řezných rychlostí*
- *mechanizovat a automatizovat práce*

Výroba na lince rovněž vyžaduje koordinaci vztahů a pohybů materiálu, dělníka a stroje. Při řešení vybíráme z řady možných způsobů. (10) (11)

- *pohyb materiálu* - součást se pohybuje od jednoho pracoviště ke druhému
- *pohyb dělníka* - pracoviště je stabilní a dělník se posouvá od pracoviště k pracovišti
- *pohyb nástrojů* - dělník na stabilním pracovišti užívá postupně různých přetransportovaných nástrojů
- *pohyb materiálu, dělníka i nástroje* - v průběhu operace se spolu s výrobkem pohybuje i dělník a nástroj. Po vykonání všech úkonů na výrobku dělník přechází i s nástrojem k následujícímu výrobku.
- *Jiné kombinace*

Při navrhování linek je základním parametrem tzv. takt, což je doba jednoho pracovního cyklu, za kterou vypadne z linky hotový výrobek, díl nebo součást. Je to vlastně čas potřebný k obrobení jednoho kusu a je určen ročním výrobním množstvím a časovým fondem: (10)

$$t = \frac{60 \cdot E_s \cdot s_s \cdot \eta}{N} [\text{min/ks}]$$

Kde t ... takt stroje (linky) [min/ks]
 E_s... roční efektivní fond strojního pracoviště
 s_s ... směnnost strojního pracoviště [hod/směnu]
 η ... součinitel časového využití stroje (0,8 – 0,9)
 N ... požadovaný počet výrobků za rok

Kapacitní propustnost pracoviště (nejvyšší počet výrobků, které může pracoviště vyrobit za plánovanou časovou jednotku – nejčastěji rok) vypočteme: (10)

$$V_{\max} = \frac{P_{sk} \cdot E_s \cdot k_{pn} \cdot s_s}{T_k} [\text{ks / rok}]$$

Kde V_{\max} ... maximální propustnost pracoviště [ks/rok]
 P_{sk} ... skutečný počet strojů pracoviště [ks]
 E_s ... efektivní strojní časový fond [h/rok/směnu]
 k_{pn} ... koeficient překračování norem
 s_s ... směnnost strojů
 T_k ... výkonová norma výrobků [Nh/kus]

Maximální výkon linky je limitován pracovištěm s nejnižší propustností a rovná se tedy objemu výroby na tomto pracovišti.

Největší rezervy jsou ve snižování podílu vedlejších neproduktivních časů. Jedním z prvních kroků při řešení tohoto problému je nasazení NC strojů, což umožňuje: (10)

- vícestrojovou obsluhu
- vytvoření zásobníku rozpracované výroby a nástrojů
- vytvoření rezervy seřízeného nářadí
- vytvoření produktivního centra přípravy a údržby nářadí

2.3.4 Zásady rozmisťování jednotlivých strojů a pracovišť

Při rozmisťování strojů a pracovišť samozřejmě vycházíme z výsledků rozborů a řešení rozmisťovacích metod.

Výsledek rozmístění by měl být optimální vzhledem k základním požadavkům, jako jsou hospodárnost výroby, přehlednost uspořádání, přímočarost a nevratnost technologického toku, minimální manipulace, minimální zabraný prostor, nebo požadavky na bezpečnost práce. (10)

V současné době rozlišujeme tyto základní způsoby uspořádání pracovišť: (10)

- volné
- technologické
- předmětné
- modulární
- buňkové
- jejich kombinace

z nichž pro tuto diplomovou práci je důležité především technologické a modulární uspořádání, proto je zde rozvedu podrobněji.

Technologické uspořádání je jedno z nejstarších. V technologických postupech jsou operace slučovány podle příbuznosti a stejně tak jsou stavěny i stroje. Například všechny operace týkající se svařování se provádějí ve svařovně nebo obráběcí operace v obrobě. Pokud pohled na věc ještě prohloubíme, pak třeba v obrobě budeme stavět do jedné skupiny soustruhy, do druhé frézky atd. Tvoříme tedy skupiny stejných druhů strojů. (10)

Sortiment vyráběných součástí je zde tak rozdílný, že není možno určit jednotný směr materiálového toku.

S tímto uspořádáním se nejčastěji setkáváme v kusové a malosériové výrobě těžkého a středního strojírenství. (10) (11)

- Výhody:
- změna výrobního programu nenaruší výrobu
 - snadné zavedení vícestrojová obsluhy
 - lepší využití strojů
 - snadnější údržba
 - poruchy jednotlivých strojů méně narušují celou výrobu
 - klesá spotřeba nástrojového vybavení
 - mistři specializovaní dle profesí

- Nevýhody:
- komplikovaný dlouhý tok materiálu
 - rostou náklady na dopravu
 - dlouhá průběžná doba
 - rostou nároky na centrální mezisklad
 - roste objem oběžných prostředků

Modulární uspořádání je jeden z nově vzniklých uspořádání strojů a zařízení, který se rozšířil se vznikem NC strojů. Toto uspořádání je charakteristické seskupováním stejných technologických bloků, z nichž každý plní více technologických funkcí. Celý provoz se skládá ze stejných nebo podobných modulů – skupin pracovišť. (10) (11)

Charakteristickým příkladem modulárního uspořádání je skupinové nasazení NC strojů v klasicky řízené dílně, nebo soustředění více obráběcích center.

S ohledem na vyšší produktivitu práce je nutno modulární pracoviště využít ve dvou i tří–směnném provozu. S ohledem na produkci je pak v technologickém postupu nutno přeorganizovat i ostatní návazná pracoviště.

Modulární uspořádání se používá ve všeobecném, středně těžkém i těžkém strojírenství v kusové a malosériové výrobě. (10) (11)

- Výhody:
- vysoká produktivita práce
 - zkrácení operačních i mezioperačních časů
 - zkrácení průběžné doby výroby
 - zkrácení manipulačních drah
 - zlepšení organizace práce a řízení výroby

- Nevýhody:
- klade vyšší nároky na technickou přípravu výroby
 - vysoká cena strojů a zařízení

Co se dispozičního řešení strojů týče, zakreslujeme je jejich krajními rozměry včetně vyznačení krajní polohy pohybujících se částí stroje.

I když chceme při rozmísťování sestavit návrh tak, abychom zabrali co nejméně drahé výrobní plochy, musíme při tom dodržovat základní normy a zvyklosti projektování, které jsou stanoveny z hlediska hygieny a bezpečnosti práce. Projektant musí znát stroj, vědět, kde je pracovní místo dělníka a z které strany jsou napojení stroje na energie. (10) (11)

Při upínání těžkých obrobků bez mostového jeřábu musíme rovněž poblíž stroje instalovat sloupový jeřáb nebo jiný vhodný prostředek. V dispozici nesmíme krom strojů zapomenout i na jeho příslušenství, což jsou rozvodné skříně, zásobníky na špony, skříňky na nářadí, regály a odkládací prostory i na samotné pracoviště dělníka. (10) (11)

V zásadě můžeme všechny stroje situovat v lodi buď: (10) (11)

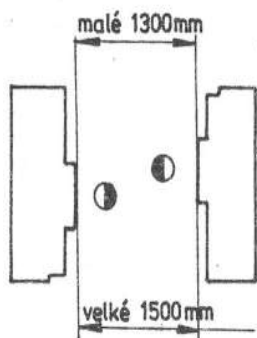
- hlavní osa stroje je rovnoběžná s podélnou osou lodi
- hlavní osa stroje je kolmá na osu lodi
- hlavní osa stroje svírá s osou lodi určitý úhel

Šikmé natočení strojů volíme nejen z bezpečnostního hlediska (odletující špony), ale i s ohledem na délku rozmísťovaných strojů. Nevejde-li se stroj mezi uličku a stěnu v kolmém postavení k uličce, pak půdorys natáčíme tak dlouho, až dosáhneme vhodného umístění v souladu s bezpečnostními podmínkami. U těžkých strojů, kde je pracoviště zásobováno vysoko zdvižnými vozíky nebo mostovým jeřábem, umísťujeme stroj vřeteníkem ke stěně lodi, aby pracoviště mohlo být zásobováno materiálem od hlavní komunikace. (10) (11)

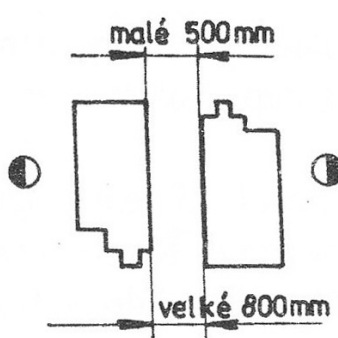
Pro lehké obrobny se počítá zhruba 8 – 12 m² na jeden stroj, pro středně těžká zařízení je to 20 – 25 m² a pro zvláště těžkou výrobu i 50 - 70 m².

Za malé stroje považujeme stroje s obrysem cca 800 x 1500mm, velké stroje jsou takové, kde jeden rozměr překročí 3500mm. (10)

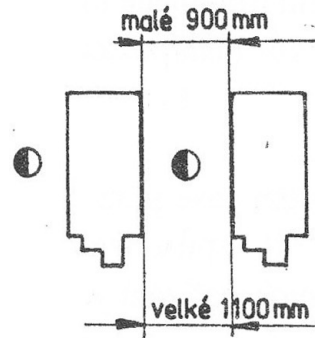
Některé vzdálenosti mezi jednotlivými stroji a zařízeními: (12)



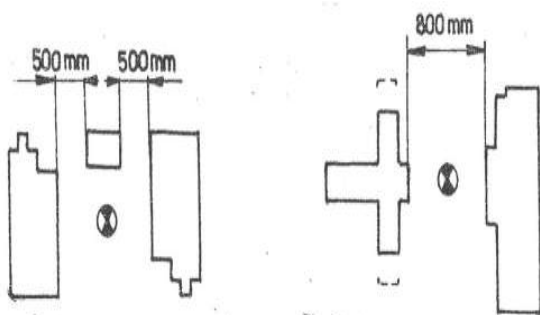
Obr 2.1 Stroje umístěny čelem k sobě (10)



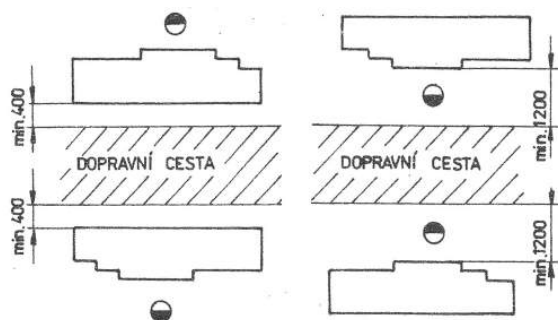
Obr 2.2 Zadními stěnami k sobě (10)



Obr 2.3. Stroje za sebou: (10)



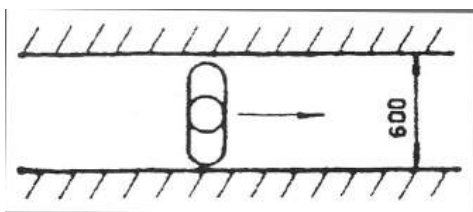
Obr 2.4 Vícestrojová obsluha: (10)



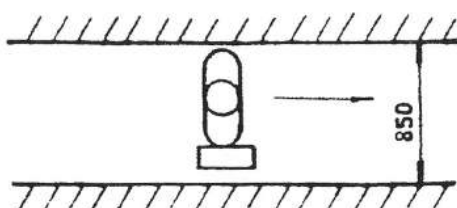
Obr 2.5. Vzdálenost od dopravních cest: (10)

Průchodové uličky slouží pro občasný pohyb pracovníků přenášejících břemena nebo bez břemen.

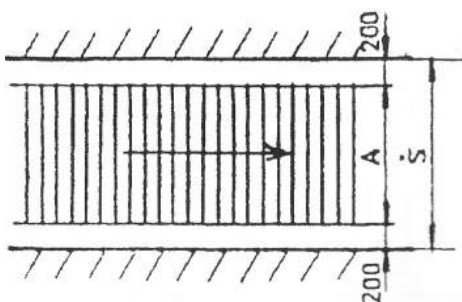
Některé rozměry průchodových uliček: (11) (12)



Obr 2.6 Průchodová ulička jednosměrná bez přenášení břemene. Nejmenší šířka musí být 600 mm.



Obr 2.7 Průchodová ulička jednosměrná, břemeno přenášeno v jedné ruce po boku. Nejmenší šířka musí být 850 mm.



Obr 2.8 Manipulační ulička jednosměrná. Nejmenší šířka (Š) je určena největší šířkou projíždějícího zařízení nebo vozíku s břemenem (A) zvětšené o bezpečnostní vůli nejméně 400 mm.

2.3.5 Obrobna

Při projektování obrobny musí projektant dbát na návaznost obrobny na ostatní útvary, na výsledky rozborů výrobního programu a technologie a na kapacitní propočty. (3) (10) (11)

Poté, co si vypočteme potřebné plochy strojů a zařízení a v několika variantách zvolíme příčný a podélný modul rozteče sloupů a vypočteme délku lodí (při

návrhu nového objektu), potom provedeme schematické plošné rozmístění hlavních dílen v objektu a to dle technologického toku. Pak situujeme jednotlivé díly obrobny s vhodným umístěním mezioperačních skladů a kontrolních pracovišť.

V závěrečné fázi počítáme s plochou na sklad obrobených součástí, pro výstupní kontrolu a shromáždění třísek. Přitom musíme pamatovat i dopravní cesty. Rozmísťování jednotlivých strojů v půdorysu dílny se obvykle provádí v měřítku 1:100. Po projednání a výběru půdorysných variant se pak navrhované řešení překreslí do podrobného řešení dílny. (10) (11)

Při projektování dílen se soustružnickými automaty je nutno umisťovat pracoviště tak, aby byla možná vícestrojová obsluha (jeden pracovník obsluhuje 4-8 automatů – pracovní obsluha stroje totiž spočívá pouze v ukládání tyčí do stroje, odebírání hotových součástek a dohlížení na správný chod stroje).

Potřebujeme zde mít prostor pro zasouvání tyčí na jednom konci stroje a prostor pro vybírání třísek a hotových součástí na druhém konci stroje. (10) (11)

V automatárně většinou vzniká velké množství třísek se značným obsahem chladicí kapaliny (většinou oleje). Proto projektování sběru, odstředění olejů a odvozu třísek věnujeme při projektování zvýšenou pozornost. (10)

U NC stroje je obráběcí proces (upnutí, nastavení, obrábění, seřizování a měření) prováděn automaticky a řízení probíhá dle předem připraveného programu řídicím systémem. Čím více částí reprodukčního systému automatizujeme a integrovaně ovládáme, tím větší nároky jsou kladeny na plánování a řízení tohoto systému. Současně s technologickým projektem musíme tedy zpracovat i projekt pro řízení. (10) (11)

2.3.6 Obráběcí pracoviště

Technologické pracoviště je základním prvkem výrobního procesu a nejnižší organizační jednotkou výroby. Skládá se z tzv. „prvotních elementů“ jako jsou stroj, manipulátor, zásobník, řídicí systém atd. Správné vzájemné rozmístění těchto prvotních elementů umožňuje dobrou, produktivní a bezpečnou práci technologického pracoviště. (10)

Dobrý technologický projekt pracoviště musí především zabezpečovat: (10)

- jednoduchost obsluhy,
- bezpečné uložení dostatečného množství obráběných kusů,
- přehledné uložení náradí a přípravků,
- dostatečnou přesnost výroby
- vysokou pracovní produktivitu,
- snadné odstraňování třísek
- vhodné klimatické a estetické prostředí
- snadný přístup k opravovaným agregátům
- bezpečnost práce.

Projektování pracoviště musí samozřejmě vycházet z konkrétní situace, která je závislá na tvaru, hmotnosti, velikosti výrobku, přesnosti, drsnosti nebo typu výroby. Zevšeobecněné rady a zkušenosti pro jednotlivé typy pracovišť: (10)

Soustružení: (10)

- odlétávající třísky u malých soustruhů zachytit zástěnou
- velké soustruhy s přerušovaným řezem kvůli otřesům stavět na izolované základy
- při hrubovacích operacích řešit odstraňování třísek
- univerzální pracoviště potřebují velké množství nářadí
- zabránit rozstřikování chladicí kapaliny

Frézování: (10)

- při práci s frézovacími hlavami vyřešit zachytávání třísek
- zvýšení pracoviště obsluhy u velkých strojů s vysoko položeným upínacím stolem
- u velkých strojů počítat se samostatným manipulačním zařízením

Vrtání: (10)

- při řezání závitů se často používá stlačený vzduch k čištění otvorů, je nutné zabránit znečišťování okolí

Dalším pracovištěm se speciálními nároky na projektování je pracoviště brusky. Broušení většinou používáme jako dokončovací operaci při výrobě velmi přesných součástí s kvalitním povrchem, nebo na opracování kalených materiálů.

Brusírna je pracoviště se značnou spotřebou chladicí kapaliny. Tato kapalina je znečišťována pilinami obráběného kovu a částicemi brousícího kotouče. Sedimentační nádrž je buď v lůžku stroje, nebo mimo něj. Musíme proto počítat s jejich čištěním a vyprazdňováním. (10)

Brusky jsou tedy přesné stroje vyžadující zvláštní klimatické podmínky a prostředí bez otřesů. Abychom vyloučili otřesy základů strojů a tepelnou vyrovnanost prostředí, dodržuje při situování brusek následující pravidla: (10)

- brusky umísťujeme v dostatečné vzdálenosti od provozů způsobujících otřesy půdy (kovárna, lisovna)
- brusky umísťujeme ve větší vzdálenosti od strojů pracujících přerušovaným řezem
- brusky umísťujeme v lodích bez mostových jeřábů nebo s jeřáby malých nosností
- věnujeme zvýšenou pozornost stavbě základů pro brusky (pružné podložky)

- přesná práce na bruskách nesnáší kolísání teplot, proto pokud nejsou brusky umístěny ve zvláštním prostoru, dbáme na to, aby nebyly umístěny v blízkosti vrat nebo silných zdrojů tepla.
- u rovinných brusek, kde je broušeno více kusů najednou, je operační čas delší, proto je možné situovat pracoviště blízko sebe tak, aby bylo možné zavést vícestrojovou obsluhu

2.3.7 Pracoviště kontroly

Dílenská kontrola dbá na dodržování technologické kázně jednak sledováním výrobního postupu součástí a sestav a jednak vlastní kontrolou vyrobených částí. K této činnosti musí mít vhodně umístěné a dobře vybavené pracoviště.

Při projektování kontroly si musíme uvědomit, zda jde o kontrolu veškerých výrobků, nebo se jedná pouze o náhodný výběr a zjistit poměr pracnosti výrobní a kontrolní operace.

Základním zařízením každého stanoviště kontroly je kontrolní deska, a pokud se jedná o těžké kusy, musíme i zde počítat s manipulačním zařízením.

Měřidla obvykle vyžadují uložení a práci v čistém a dobře osvětleném prostoru, měřicí pracoviště tudíž projektujeme s ohledem na dobré osvětlení, eliminování otřesů a stálost teploty. (10)

2.3.8 Pracoviště odmašťování

V moderních odmašťovacích zařízeních se obvykle odmašťuje ponorem, sprchováním nebo v parách odmašťovacího prostředku. Organická rozpouštědla i chlorové uhlovodíky kladou zvýšené nároky na odsávání a bezpečnost. Proto se dnes používají vhodné alkalické roztoky. (10)

Moderní odmašťovací zařízení mají dosti vysoký výkon, je tedy nutné počítat i s dosti velkým odkladovým prostorem. (10)

Dále je musíme vybavit vhodným manipulačním zařízením, odsáváním, nepropustnou spádovanou podlahou a také jímkou na zachycení a zneškodnění odpadů. (10)

3 SOUČASNÝ STAV VÝROBY

Svou diplomovou práci jsem zpracovával pro výrobní podnik zabývající se především výrobou pro letectví

Honeywell Aerospace Olomouc s.r.o.
Nádražní 50,
Hlubočky-Mariánské Údolí
783 65

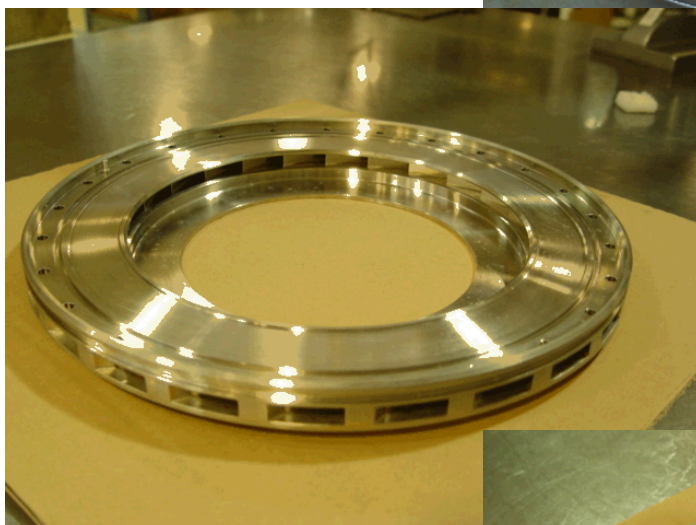
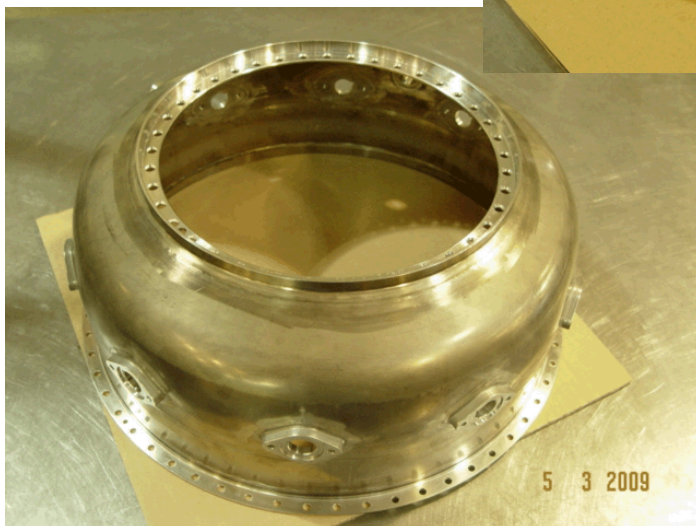
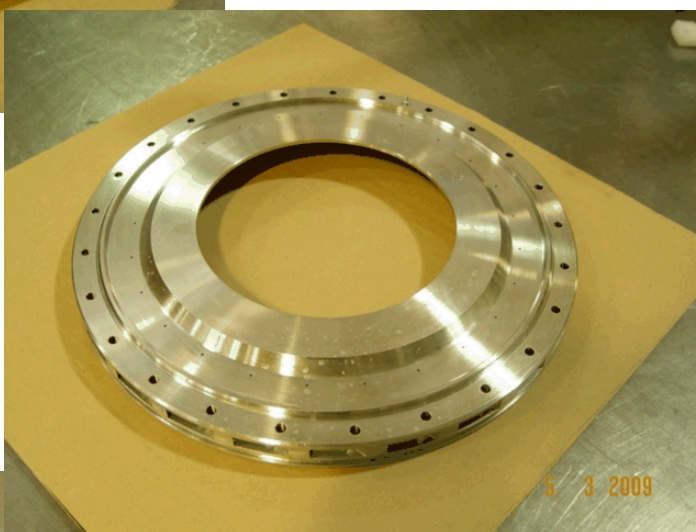
Honeywell Aerospace Olomouc s.r.o. se sídlem v Hlubočkách – Mariánském Údolí u Olomouce je součástí nadnárodní společnosti Honeywell, Inc. se sídlem v USA – Phoenix, Arizona. Zabývají se výrobou a opravou plechových a žárových dílů leteckých turbínových motorů z nerezavějících ocelí a speciálních slitin (hliníkových, niklových, kobaltových a titanových). Komponenty Honeywell naleznete v mnoha dopravních letadlech typu Boeing a Airbus, v obchodních letadlech typu Dassault Falcon, Cessna Citation a Learjet, stejně jako v helikoptérách a dalších letadlech.

Výrobek:

Předmětem výroby linky, o jejímž sestavení pojednává tato diplomová práce jsou čtyři dílce k proudovému motoru pro firmu Fiat Avio. Konkrétně se jedná o :

- 1) Deswirl - difusor – vytváří stěnu mezi kompresorem a spalovací komorou a usměrňuje proud stlačeného vzduchu z kompresoru do spalovací komory
- 2) Diffuzer compressor
- 3) Diffuzer compressor
- 4) Combustor Case – spalovací komora

Obr. XX Deswirel - dílec 1 →

↑ Obr.XX Diffuser compressor
- dílec 2Obr XX. Diffuser compressor
– dílec 3 →← Obr. XX. Combustor Case -
dílec 4

Současný stav výroby je nelehké popsat. Jedná se totiž zatím pouze projekt převodu výroby z výroby již existující, nicméně z konkurenční společnosti a Ti budou informace poskytovat jen stěží.

Z tohoto důvodu nemohu plně popsat stávající stav. Ten se totiž mění doslova ze dne na den, čehož je důkazem i tato diplomová práce. Když jsem totiž do firmy přišel, počítalo se s něčím docela jiným, než jaká je situace dnes. Tento zásadní přerod ovšem určil směr, jakým se v této práci budu ubírat.

Na počátku, po příchodu do firmy byl stav věcí takový, že se měla rozjet nová výroba čtyř dílů k jednomu leteckému motoru, který ale vyráběla jiná firma. Průmysl si vedl dobře a tudíž se kapacitní propočty dělaly pro dvojsměnný provoz, aby byla možnost navýšení výroby.

Nicméně investice, která byla mateřskou firmou odsouhlasena někdy na začátku roku 2008, byla v dolarech a dolar v létě prudce klesal, respektive česká koruna byla nejrychleji posilující měnou světa. To byl ovšem problém, protože reálné peníze na nákup strojů a vybavení dílny se zmenšovaly a zmenšily se dokonce téměř o třetinu. A to vše jen vlivem kurzu a díky tomu, že investice byla odsouhlasena mateřskou americkou firmou v dolarech.

Aby toho nebylo málo, s prohlubující se světovou finanční krizí začaly ubývat i objednávky a jako nejrozmumnější řešení se zdálo změnit projekt nově se rozjíždějící výroby z provozu dvousměnného na provoz třísměnný. Značně se tím sice omezí možnost navýšení výroby a bude potřeba i další dělníky na noční směnu, ale naproti tomu se znatelně sníží investice do vybavení dílny, což u CNC strojů dělá řádově milionové částky.

Moje práce začala pro projekt dvousměnného provozu a ten jsem taky částečně rozpracoval. Poté se ovšem situace změnila a já jej tak pomáhal přepracovat pro provoz třísměnný. Z toho vyplynulo i to, jaké budu nakonec dělat ekonomické srovnání a vyhodnocení a tudíž to bude srovnání nákladů na vybavení a provoz při dvou nebo třísměnném provozu, čímž jsem firmě pomohl ověřit správnost jejího rozhodnutí.

3.1 První fáze – dvousměnný provoz

Jak již bylo řečeno, výrobní „linka“ Fiat Avio pro čtyři dílce leteckého motoru zatím existovala pouze u konkurenční společnosti, nicméně zadavatel výroby zvolil z důvodu lepších podmínek přesunutí výroby do firmy Honeywell Aerospace.

V počátku toho všeho stálo zhotovení technologických postupů pro všechny čtyři součásti, viz příloha 1 – 4. Následně je nutné stanovit normominyty stroje na operační čas (Nhstroje), počítající se na kus a rovněž normominyty na seřizovací časy (NhPC), počítající se na výrobní dávku.

Normominyty stanovuje technolog v závislosti na náročnosti operace. Po dokončení ověřovací série se normominyty zrevidují, jestli odpovídají skutečným časům ve standardní výrobě.

Důležité je rovněž stanovení výrobní dávky, ve které budeme vyrábět. Dávka šesti kusů byla stanovena na základě odhadů technologů. Pro stanovení skutečné dávky se před samotným zahájením výroby přihlíží hlavně k průchodnosti úzkými místy.

Například pokud víme, že do pece vleze jen šest kusů konkrétního dílce, nemá cenu rozjíždět dávku větší, protože by stála před pecí a neměla by se rozjíždět ani dávka menší, aby byl stroj maximálně využit. Samozřejmě je nutné také přihlížet k objemu ostatních dílců, které jdou přes sdílená pracoviště, takže se později může dávka upravit na základě zkušeností z praxe.

Když už máme technologické postupy, normominy, potažmo pak normohodiny, můžeme jednoduše sečíst časy potřebné pro jednotlivé stroje pro všechny čtyři výrobky a spočítat tak potřebný počet strojů.

Vzhledem k tomu, že se ve většině případů bude jednat o CNC obráběcí stroje, spočítáme, kolik budeme potřebovat pracovišť a k nim i operátorů. V této fázi jsme již schopni spočítat i nějaké ekonomické zhodnocení, a to formou nákladů za stroje a nástroje, náklady na mzdy operátorů atd.

Potom je nutné určit už konkrétní typy strojů, který budeme ve výrobě potřebovat i s jejich veškerým příslušenstvím, abychom po zjištění rozměrů mohli začít rýsovat varianty dispozičních řešení.

V příloze č.8 je k dispozici rozpracovaný návrh dispozičního řešení druhé části výrobní „linky“ Fiat Avio. V tabulce č. 2.1. nalezneme podklady v podobě typů strojů a jejich množství. Pro dvousměnný provoz uvádím pouze tyto informace, bez přesných výpočtů a variant dispozičního řešení, protože rozsah práce mi neumožňuje se této fázi projektu výrobní linky Fiat Avio věnovat více.

Tab. 2.1. Potřebný počet strojů využitých na 80% ve dvousměnném provozu

Část linky	Popis	Pracoviště	Týdenní počet hodin na dávku 6ks	Počet strojů (80%, 2směny)	Počet strojů (80%, 2směny)
I.	Svařování - kapacitní	Kapacitní Dual Pulse 125	18	0,3	1
I.	Kontrola	Kontrolní stůl	15	0,3	1
I.	Ruční práce	Pracovní stůl	108	1,8	2
I.	Svařování - TIG	TIG Aristotig 200	144,0283	2,4	3
I.	Vrtání	VR 2	6,25	0,1	1
II.	Obrábění	DMC 635 V	100,2583	1,7	2
II.	Obrábění	DMU 80 monoBlok	72	1,2	1
II.	Kontrola	Kontrolní stůl	56,875	0,9	1
II.	Ruční práce	Pracovní stůl	59,185	1,0	1
II.	Popis	Pracovní stůl - popis	5,98	0,1	1
II.	Lisování	Ruční Lis 141113	1,375	0,0	1
II.	Broušení (SI)	SI6/1AX/50	99,25	1,7	1
II.	Soustružení	SP 30 CNC	286,8583	4,8	5
II.	Soustružení	SU 63A/1250	79,20833	1,3	2

Všechny podrobné informace o výpočtech kapacitních propočetů, materiálových tocích a ekonomické zhodnocení bude řešeno v následujících kapitolách.

3.2 Druhá fáze – třísměnný provoz

Jak všichni víme, situace na světových trzích se loni rapidně měnila a měla dopad i na tento projekt výrobní linky. Prudké posilování domácí měny mělo za následek ubývání reálného kapitálu k nákupu strojů pro tuto linku. Ten totiž byl odsouhlasen v jisté výši, nicméně v dolarech, jež proti České Koruně ztratily až třetinu své hodnoty. V zápětí ovšem začala přicházet ekonomická krize a celosvětový průmysl se začal propadat. Jako všude po světě, ani firmy v České Republice se nevyhnuly snižování objednávek a situace se v dohledné budoucnosti lépešit nijak neměla.

V této situaci se jako nejrozumnější varianta jevila možnost navýšení směnnosti, čímž sice přijdeme o možnost případného snadného navýšení výroby, ale ušetříme řádově statisíce či miliony za nákup většího počtu strojů. Navýší se nám sice náklady na mzdy operátorů ve třetí směně, ale tato částka je nižší, než cena dalších nových strojů, které bychom museli zakoupit při dvousměnném provozu.

Takto se změnila situace za dobu vytváření této diplomové práce, a tudíž bylo nutné zpracovat nové kapacitní propočty, nové dispoziční řešení výrobních pracovišť a spočítat i náklady, nebo spíše úspory, které tato varianta přinese. Podrobnému rozpracování těchto problémů se věnují i následující kapitoly této práce.

4 VARIANTY JEDNOTLIVÝCH PRACOVÍŠŤ

Vzhledem k tomu, kolik se bude na „lince“ týdně vyrábět kusů jednotlivých součástí, rozhodl jsem se po domluvě s vedoucím diplomové práce, že nebudu zabývat „linkou“ jako celkem, jelikož výrobní časy na jednotlivých strojích jsou relativně dost dlouhé. Navíc je „linka“ roztržštěna do dvou částí, které jsou od sebe cca 100 metrů a nesmíme zapomínat ani na sdílené části linky, které se nacházejí různě po hale.

Z tohoto důvodu jsme se s vedoucím diplomové práce domluvili, že se budu věnovat především ergonomickému uspořádání a návrhu dispozičních řešení jednotlivých pracovišť, přičemž tato mají nejbližší k technologické lince.

4.1 Návrh pracovišť v první části linky

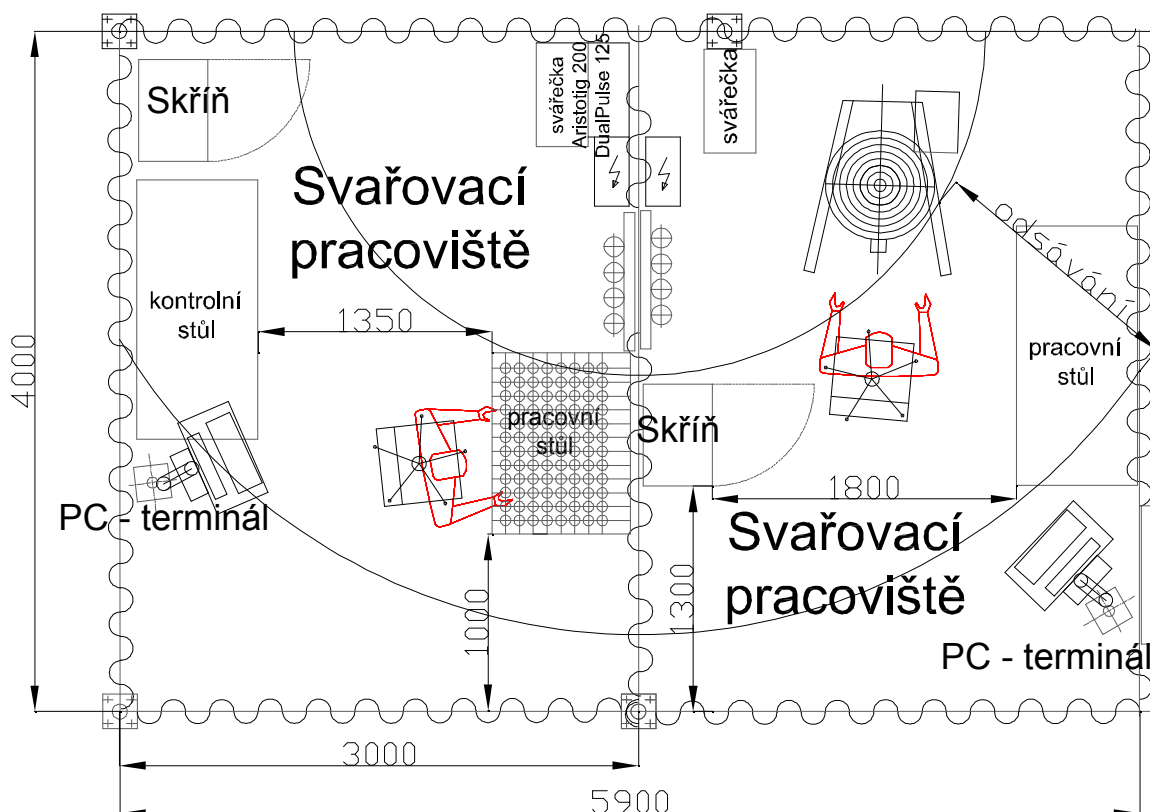
V první části linky se dle zadání vyšší instance z vedení firmy a dle výpočtů z kapacitních propočetů budou nacházet dvě svařovací pracoviště, dvě ruční pracoviště, jedno pracoviště vrtání a jedno pracoviště kontroly. To vše se musí vejít zhruba do 95m² výrobní plochy.

4.1.1 Svařovací pracoviště

Při projektování svařovacích pracovišť je třeba na co nejmenší výrobní plochu vměstnat dva barevnou zástěnou oddělené svařovací boxy, které budou obsahovat každý po jedné svářečce Aristotig 200, polohovadla pro sváření, pracovní stoly, skříně na přípravky a počítačové terminály. V jednom z boxů pak bude i bodová svářečka DualPulse 125.

Vchod do svařovacích boxů je u obou variant realizován odsunutím barevných fóliových závěsů v dolní části výkresu.

- Varianta A) Polohovadla pro sváření nejsou otočená proti sobě



Obr 3.1. Svařovací pracoviště varianta A)

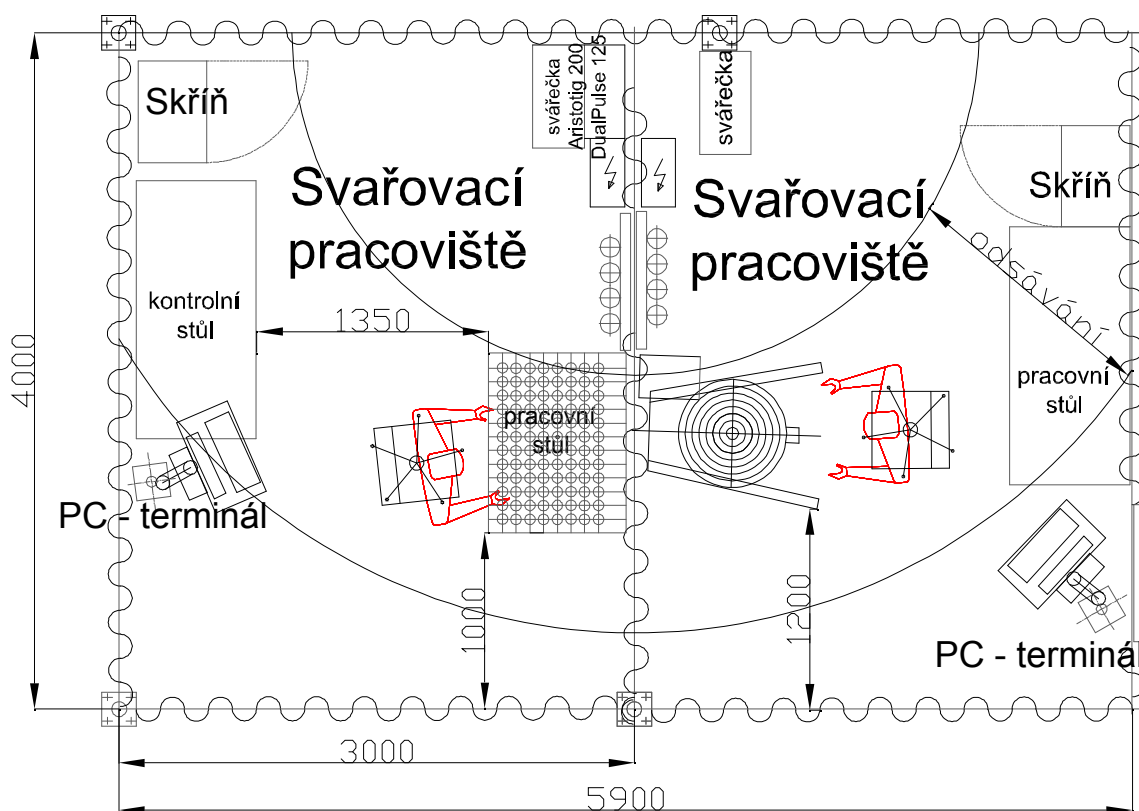
- Výhody:

- Operátoři se při svařování méně oslňují

- Nevýhody:

- V pravém svařovacím boxu horší manipulace s obrobky díky vzdálenějšímu polohovadlu
- Polohovadlo není v pravém svařovacím boxu v dosahu odsávání par
- Skříň se nenachází vedle pracovního stolu

- Varianta B) Polohovadla umístěna naproti sobě



Obr. 3.2. Svařovací pracoviště varianta B)

- Výhody:

- Polohovadla jsou v dosahu odsavače par
- V pravém svařovacím boxu lepší manipulace s obrobky díky posunutí polohovadla blíže ke vstupu do boxu
- Skříň se nachází vedle pracovního stolu

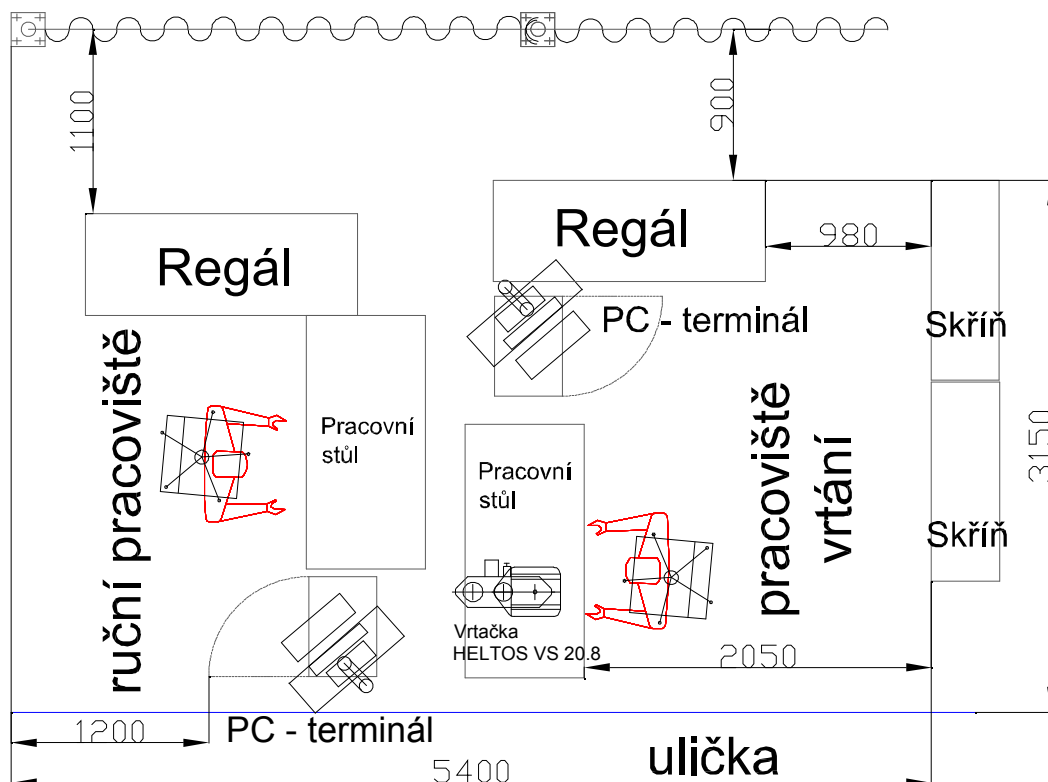
- Nevýhody

- Větší možnost oslnění při současném svařování

4.1.2 Ruční pracoviště a pracoviště vrtání

V případě těchto dvou pracovišť bylo nutné uspořádat prostor pro dva pracovní stoly, dva regály, PC terminály, vrtačku a dva pracovníky, to vše samozřejmě při dodržení všech bezpečnostních norem.

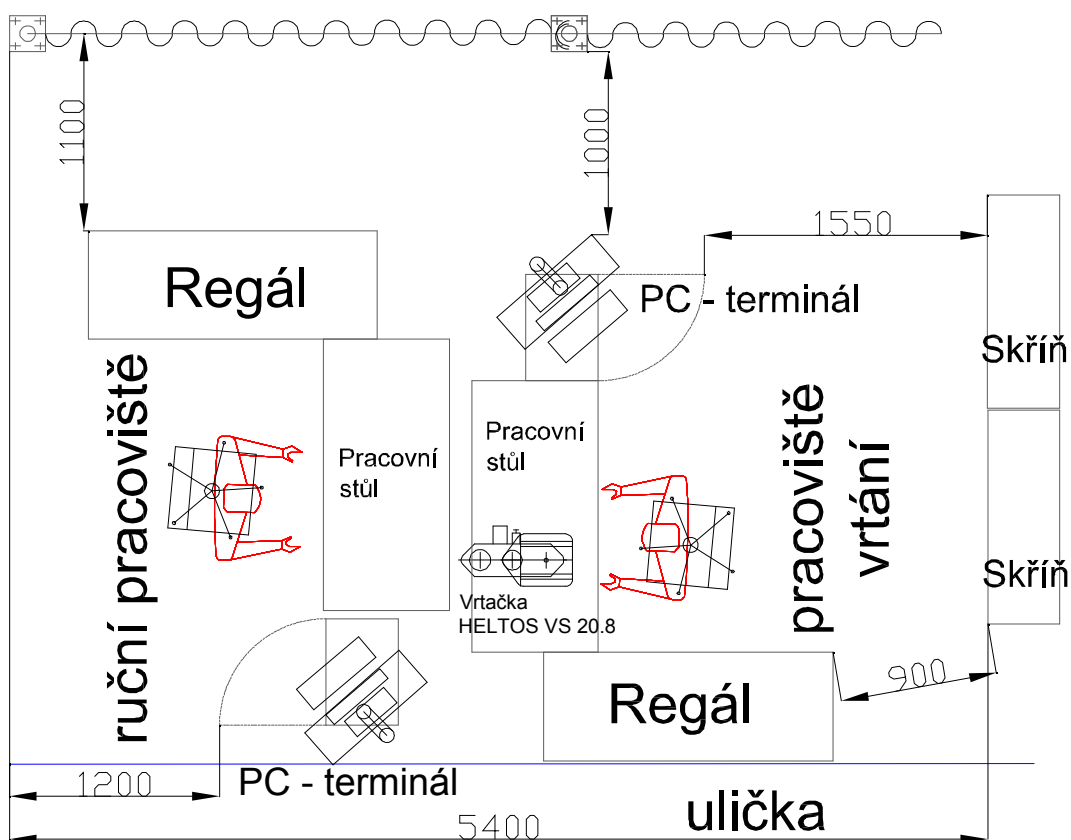
- Varianta A) regál pracovisko vrtačky na straně u svařovacích boxů



Obr. 3.3. Ruční pracoviště a pracoviště vrtání varianta A)

- Výhody
 - Regály mohou využít i svářeči
- Nevýhody
 - Menší ulička mezi pracovištěm vrtání a svařovacím boxem
 - Horší dostupnost regálu pro operátora vrtačky
 - Operátor vrtačky je při vrtání blízko uličky a není od ní oddělen

- Varianta B) regál pracoviště vrtačky na straně uličky



Obr. 3.4. Ruční pracoviště a pracoviště vrtání varianta B)

- Výhody

- Operátor vrtačky je směrem od uličky chráněn regálem
- Rozšířila se ulička mezi pracovištěm vrtání a svařovacím boxem
- Dobrý přístup na všechna pracoviště
- Lepší přístup operátora vrtačky do regálu i jeho lepší zásobování z uličky

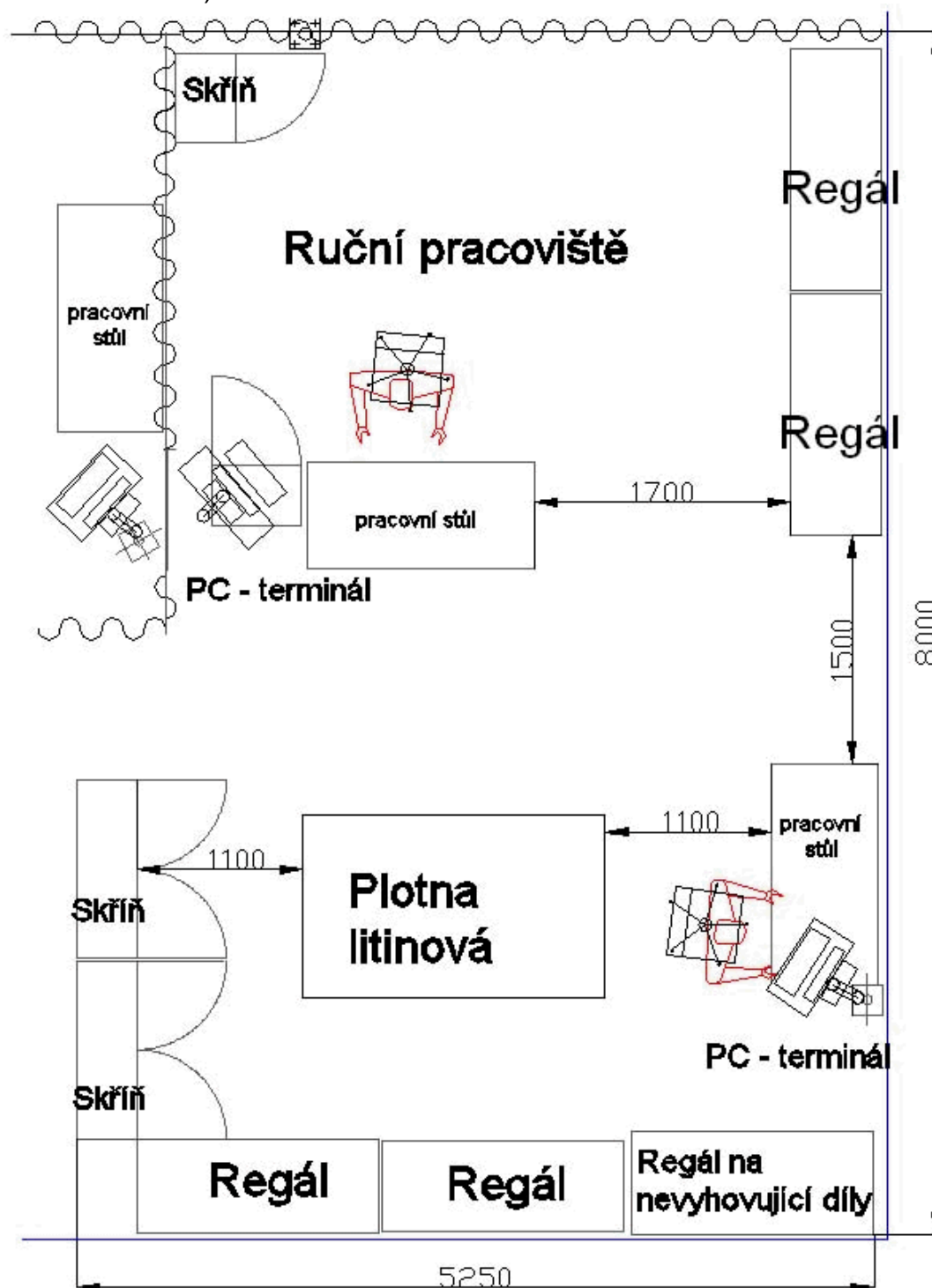
- Nevýhody

- Svářeči mohou použít pouze jeden regál

4.1.3 Pracoviště kontroly a druhé ruční pracoviště

Na těchto dvou pracovištích bylo nutné uspořádat pracovní stůl, PC terminál, skříňku na přípravky a dva regály pro ruční pracoviště a litinovou plotnu, pracovní stůl s PC terminálem, dvě skříně pro měřidla a přípravy, dva regály pro kontrolované obrobky a jeden pro neshodné dílce pro pracoviště kontroly.

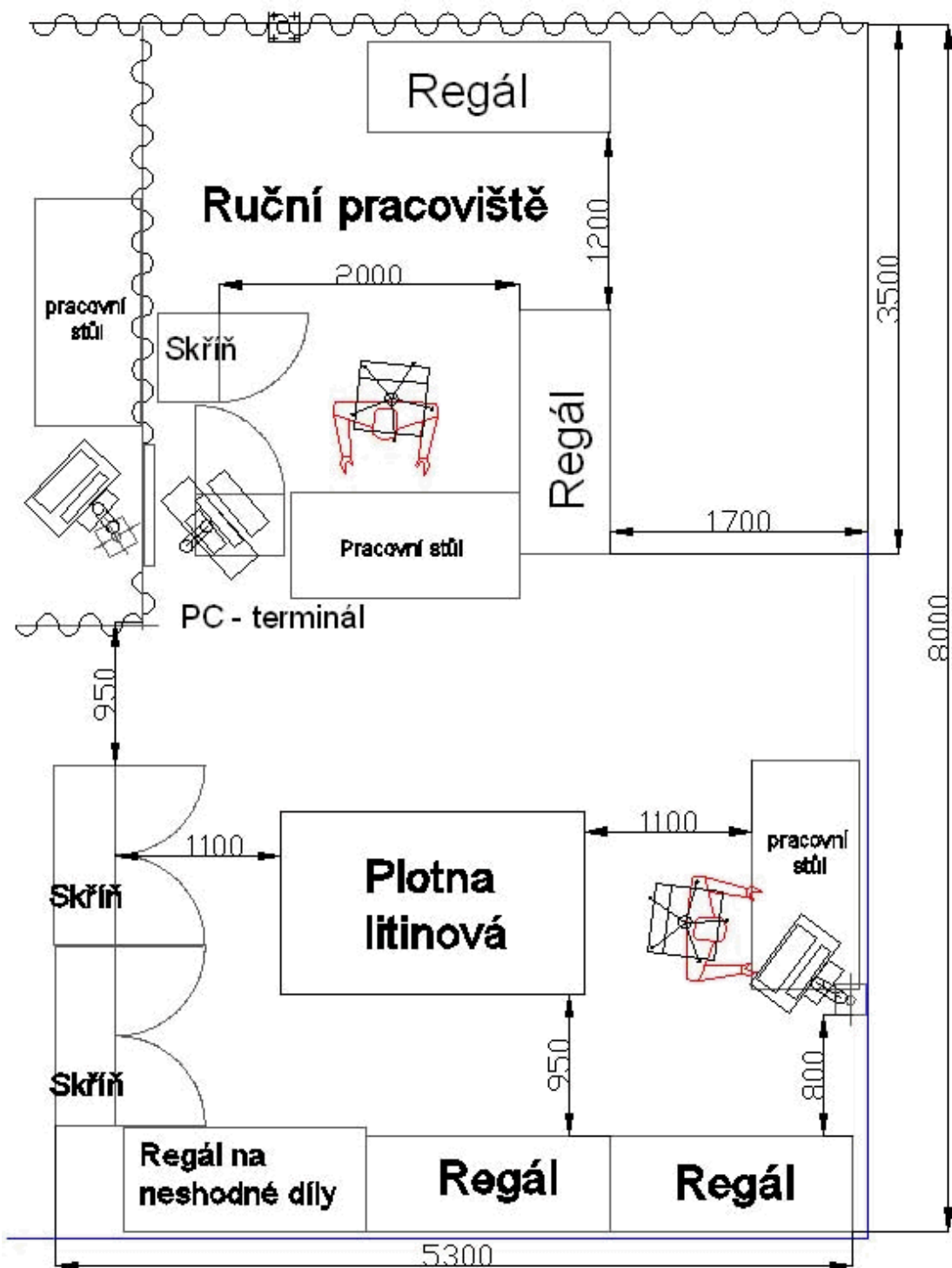
- Varianta A)



Obr. 3.5. Pracoviště kontroly a druhé ruční pracoviště varianta A)

- Výhody
 - Relativně dobré využití prostoru
 - Snadné připojení PC terminálu díky terminálu ve svařovacím boxu
 - Široké průchodové uličky
- Nevýhody
 - Zbytečně velká plocha pro ruční pracoviště
 - Nejméně používaný regál na neshodné kusy je nejbližší místu operátora
- Varianta B)
 - Výhody
 - Snadné připojení PC terminálu díky terminálu v sousedním svařovacím boxu
 - Nejméně používaný regál na stanovišti kontroly je nejdál od pozice operátora
 - Souhlasí všechny předepsané bezpečnostní rozměry
 - Nevýhody
 - Vzniklo zhruba 8m² volné nevyužité výrobní plochy

- Varianta B)



Obr. 3.6. Pracoviště kontroly a druhé ruční pracoviště varianta B)

4.2 Návrh pracovišť v druhé části linky

Druhá část linky bude dle kapacitních propočtů zahrnovat několik pracovišť, která budou díky CNC obráběcím strojům koncipována jako pracoviště s dvoustrojovou obsluhou. Dále zde bude jedno ruční pracoviště a jedno pracoviště kontroly. Návrhy dispozičních řešení budou dělány po těchto blocích.

- Pracoviště Karuselové CNC brusky SBV40 a soustruhu SN 710 SA
- Pracoviště dvou CNC soustruhů SP30 a ručního pracoviště
- Pracoviště kontroly
- Druhé pracoviště dvou CNC soustruhů SP30
- Pracoviště obráběcích center Deckel MAHO DMC 635 a DMU80

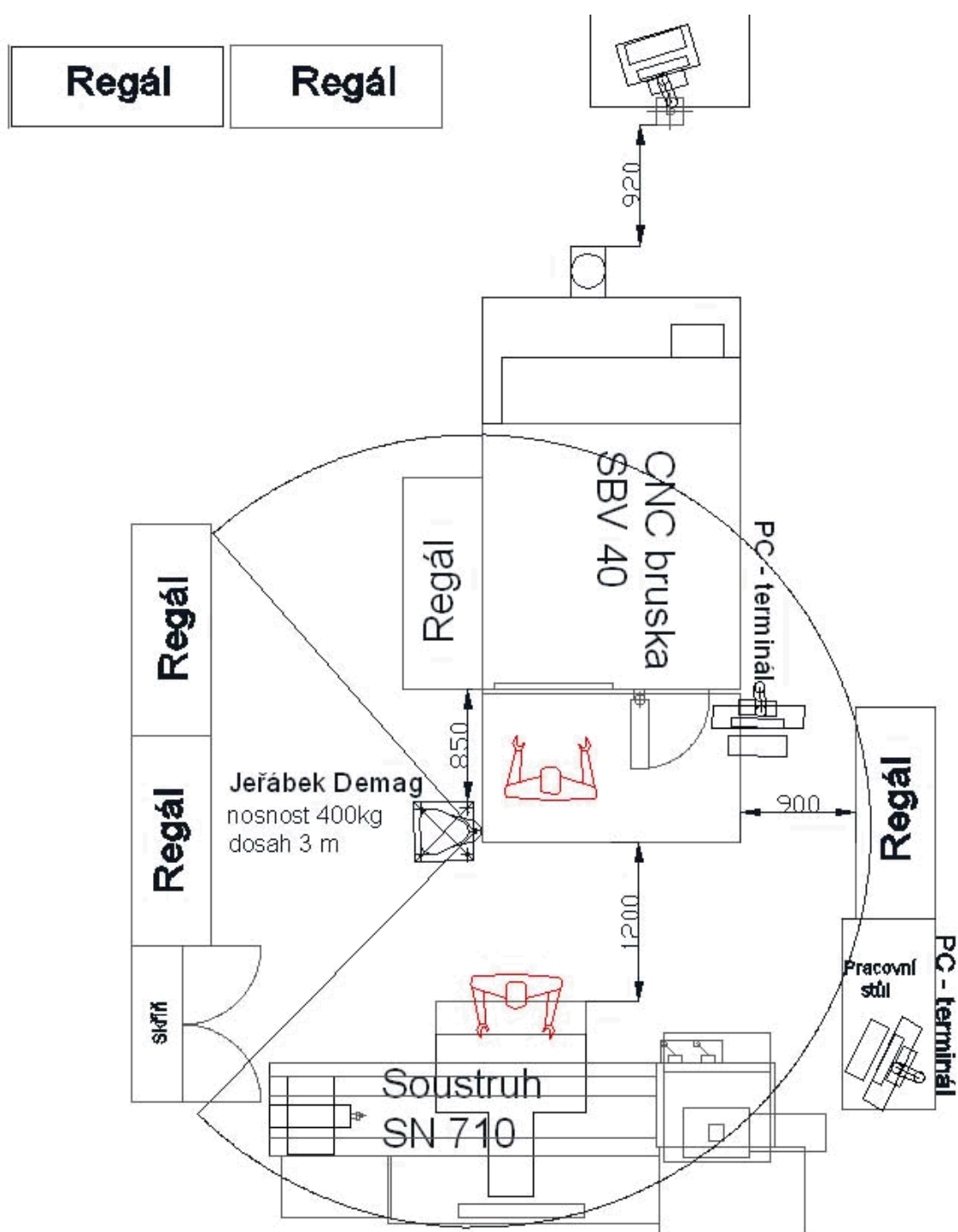
Varianty měly být pokud možno vypracovány tak, aby se nemuselo hýbat s jeřábky, které už na místě byly, což v praxi znamenalo daná pracoviště obestavět okolo jeřábků.

Celková zabraná výrobní plocha nesměla přesáhnout cca 380 m², které pro tuto druhou část výrobní linky byly určeny.

4.2.1 Pracoviště CNC brusky SBV40 a soustruhu SN710 SA

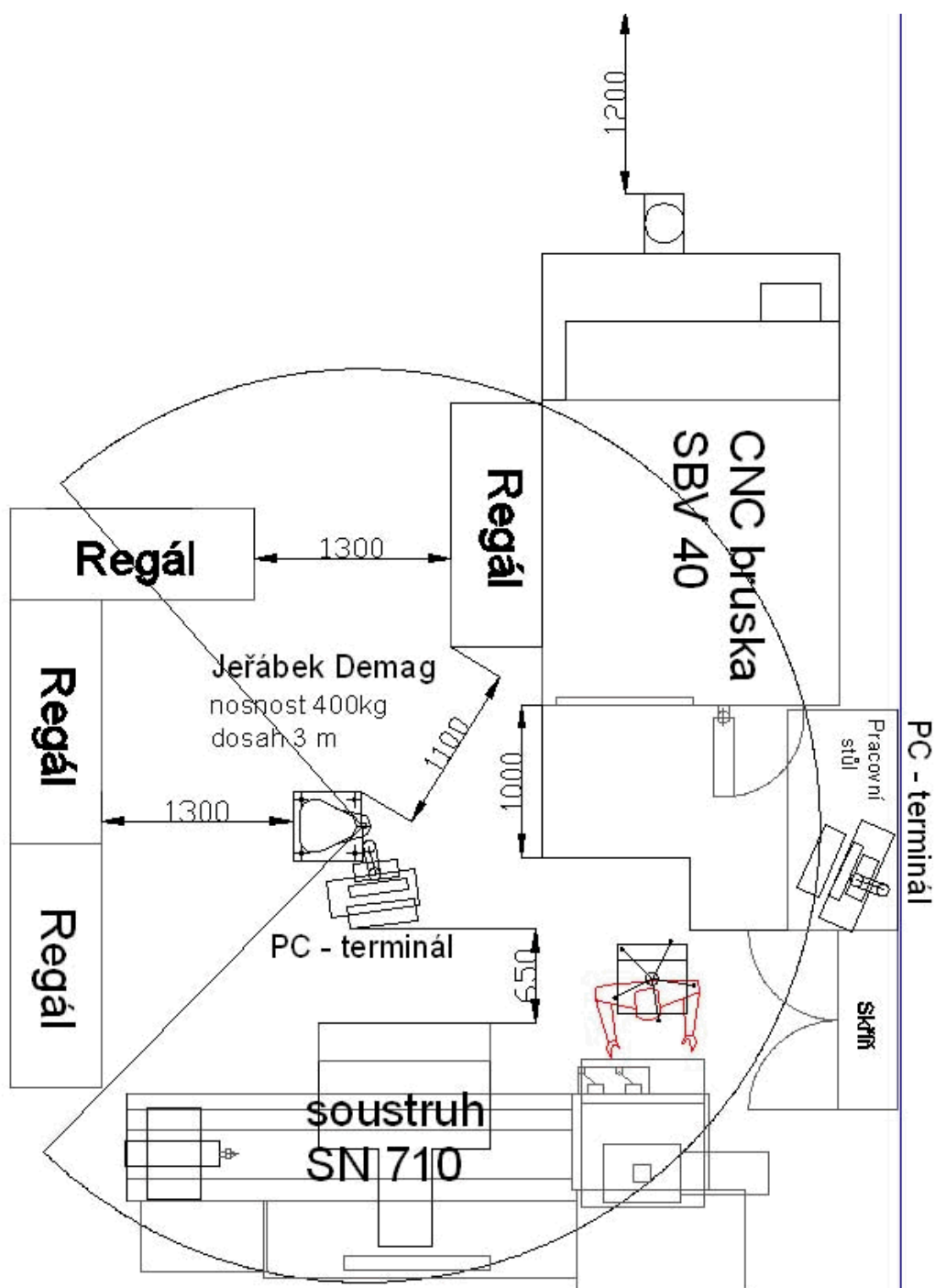
Pro toto pracoviště byly vytvořeny požadavky na umístění jedné karuselové CNC brusky SBV40, jednoho soustruhu SN 710 SA, dvou PC terminálů, jednoho pracovního stolu, jedné skříňky na nástroje a čtyř regálů tak, aby jeden z nich byl v dosahu jeřábku, který už byl osazen dříve.

- Varianta A)
 - Výhody
 - Obsluha přímo vidí z jednoho pracoviště na druhé
 - Malá vzdálenost mezi pracovišti
 - Není potřeba otáčet jeřáb
 - Nevýhody
 - Zanikne jedna zásobovací ulička, nebo je nutno upravit stanoviště kontroly nacházející se na horní straně návrhu
 - Obtížná manipulace s jeřábkem od regálů ke strojům



Obr. 3.7. Pracoviště Karuselové CNC brusky SBV40 a soustruhu SN 710 SA varianta A)

- Varianta B)



Obr. 3.8. Pracoviště Karuselové CNC brusky SBV40 a soustruhu SN 710 SA varianta B)

- Výhody

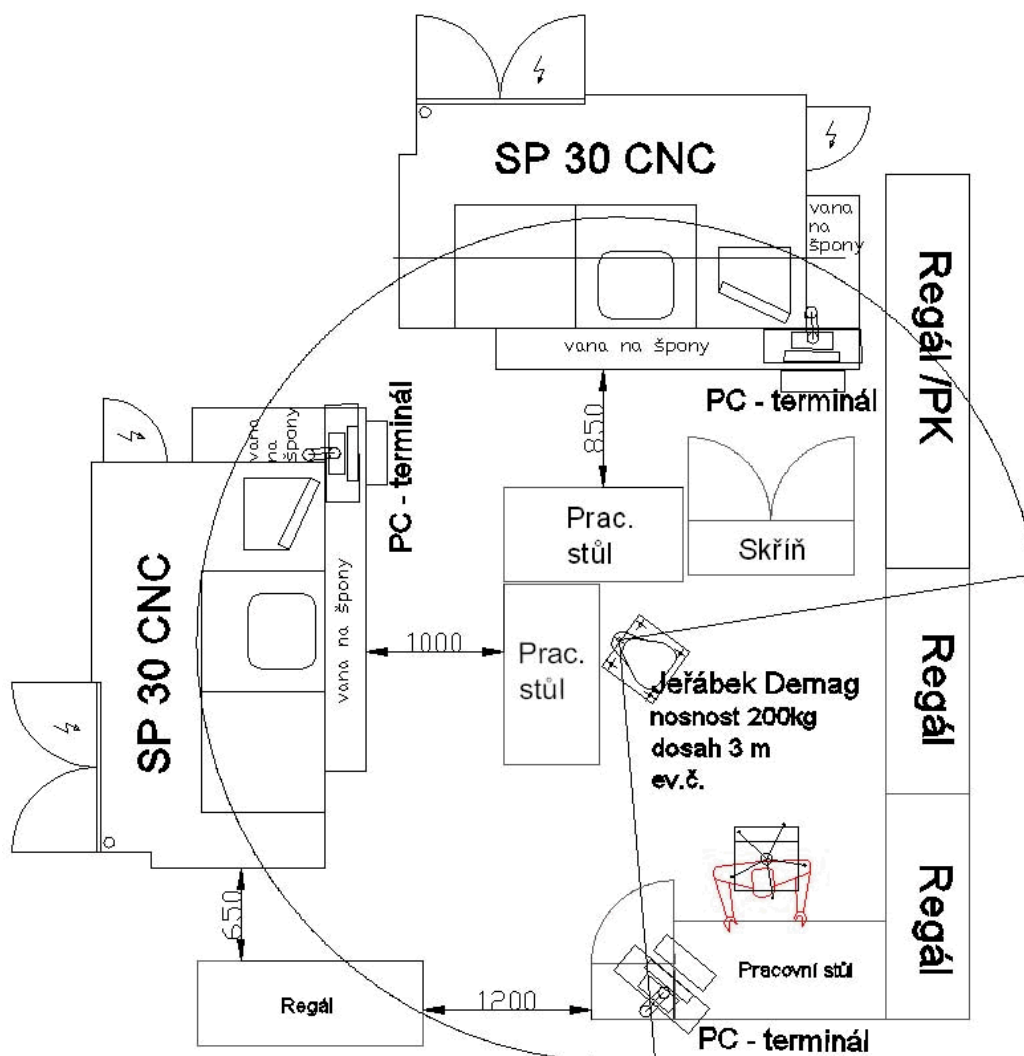
- Obsluha přímo vidí z pracoviště soustruhu do pracovního prostoru brusky
- Malá vzdálenost mezi pracovišti

- Není potřeba otáčet konstrukci jeřábu
- Dostatek prostoru pro manipulaci s jeřábem z regálu ke strojům
- Všechny zásobovací uličky zůstávají zachovány
- Nevýhody
 - Méně místa mezi oběma stroji

4.2.2 První pracoviště dvou CNC soustruhů SP30 a ruční pracoviště

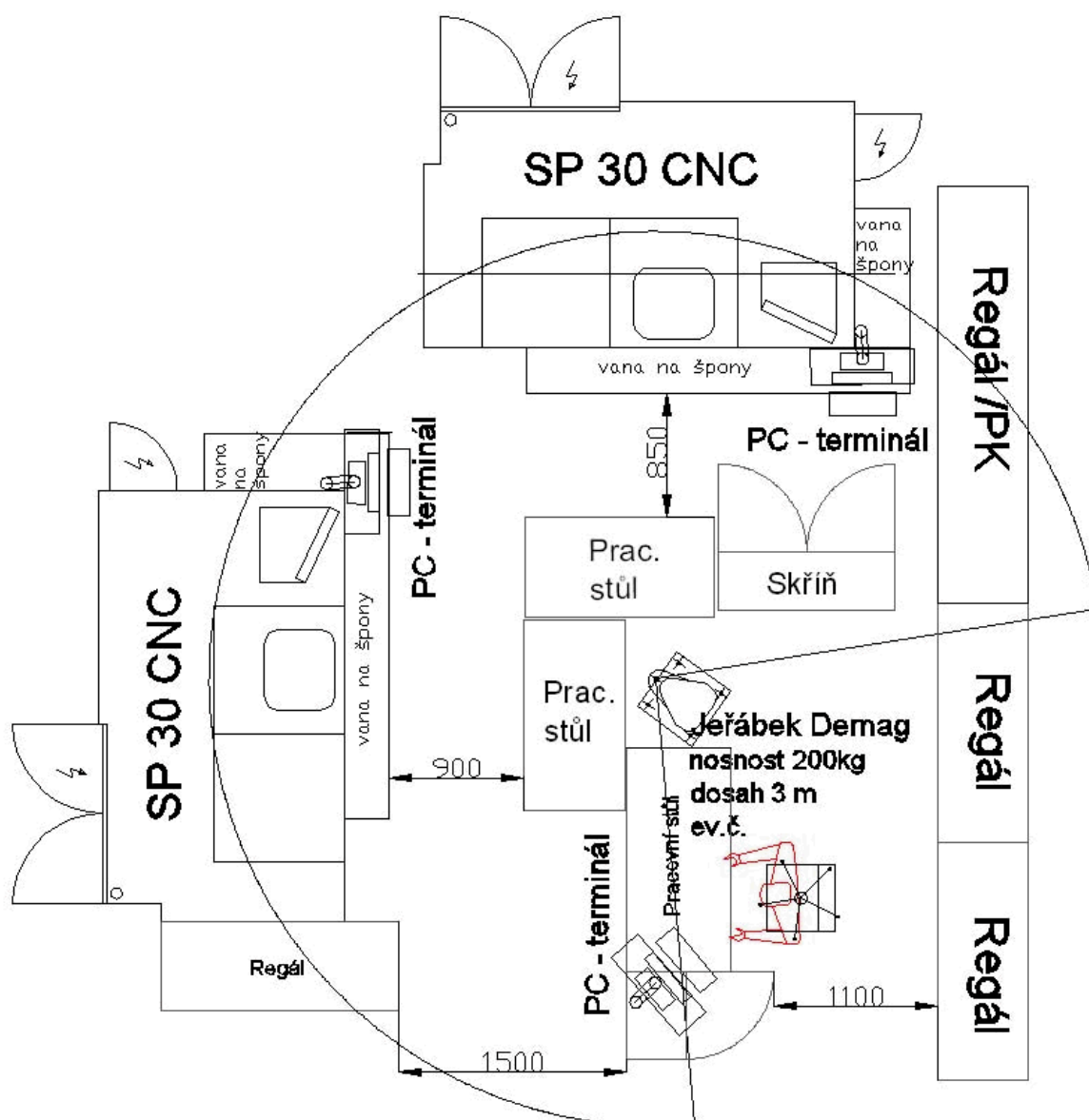
Do prostoru těchto tří pracovišť bylo nutné zakomponovat dva CNC soustruhy SP30, tři pracovní stoly, tři PC terminály, jednu skříň na nářadí a tři regály pro potřebu místního pracoviště, plus jeden regál sousedního stanoviště kontroly.

- Varianta A)



Obr. 3.9. První pracoviště dvou CNC soustruhů SP30 a ruční pracoviště varianta A)

- Výhody
 - Pracoviště zabírají málo výrobní plochy
 - Malá vzdálenost mezi pracovišti soustruhů
 - Není potřeba otáčet konstrukci jeřábu
 - Všechny zásobovací uličky zůstávají zachovány
- Nevýhody
 - Špatná dostupnost regálu za pomoci jeřábu
 - Pro pracoviště soustruhu relativně málo místa pro operátora
 - Zadní soustruh se bude hůře zásobovat obrobky
 - Regál pod levým soustruhem zabírá místo v uličce
- Varianta B)
 - Výhody
 - Pracoviště zabírají málo výrobní plochy
 - Malá vzdálenost mezi pracovišti soustruhů
 - Není potřeba otáčet konstrukci jeřábu
 - Všechny zásobovací uličky zůstávají zachovány
 - Vchod pro ručního pracoviště je samostatný
 - Regál pod levým CNC nezabírá místo v uličce
 - Nevýhody
 - Špatná dostupnost regálu za pomoci jeřábu
 - Pro pracoviště soustruhu relativně málo místa pro operátora
 - Zadní soustruh se bude hůře zásobovat obrobky
 - Při nouzovém vypnutí levého CNC soustruhu bude nutné obejít regál



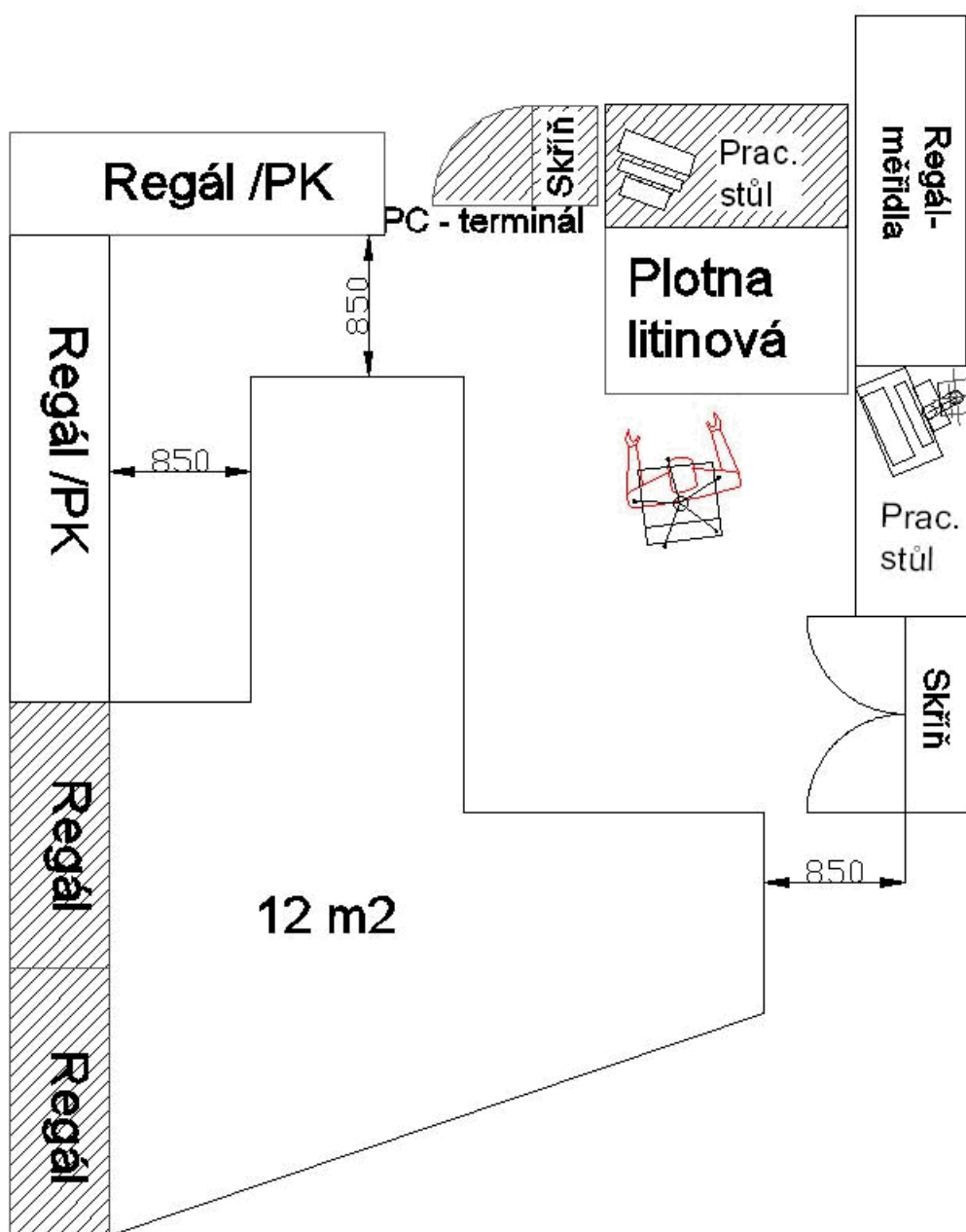
Obr. 3.10. První pracoviště dvou CNC soustruhů SP30 a ruční pracoviště varianta B)

4.2.3 Pracoviště kontroly

V tomto pracovišti bylo nutné navrhnout rozložení dvou regálů, kontrolní litinové plotny, skříně a regálu na měřidla, PC terminálu, pracovního stolu a zhruba 12 metrů čtverečních rezervovat pro vozíky s přípravky, které jsou nutné ke kontrole a není možné je neustále dovážet a odvážet.

Další dva regály budou patřit ručnímu pracovišti zpracovanému v předešlé kapitole.

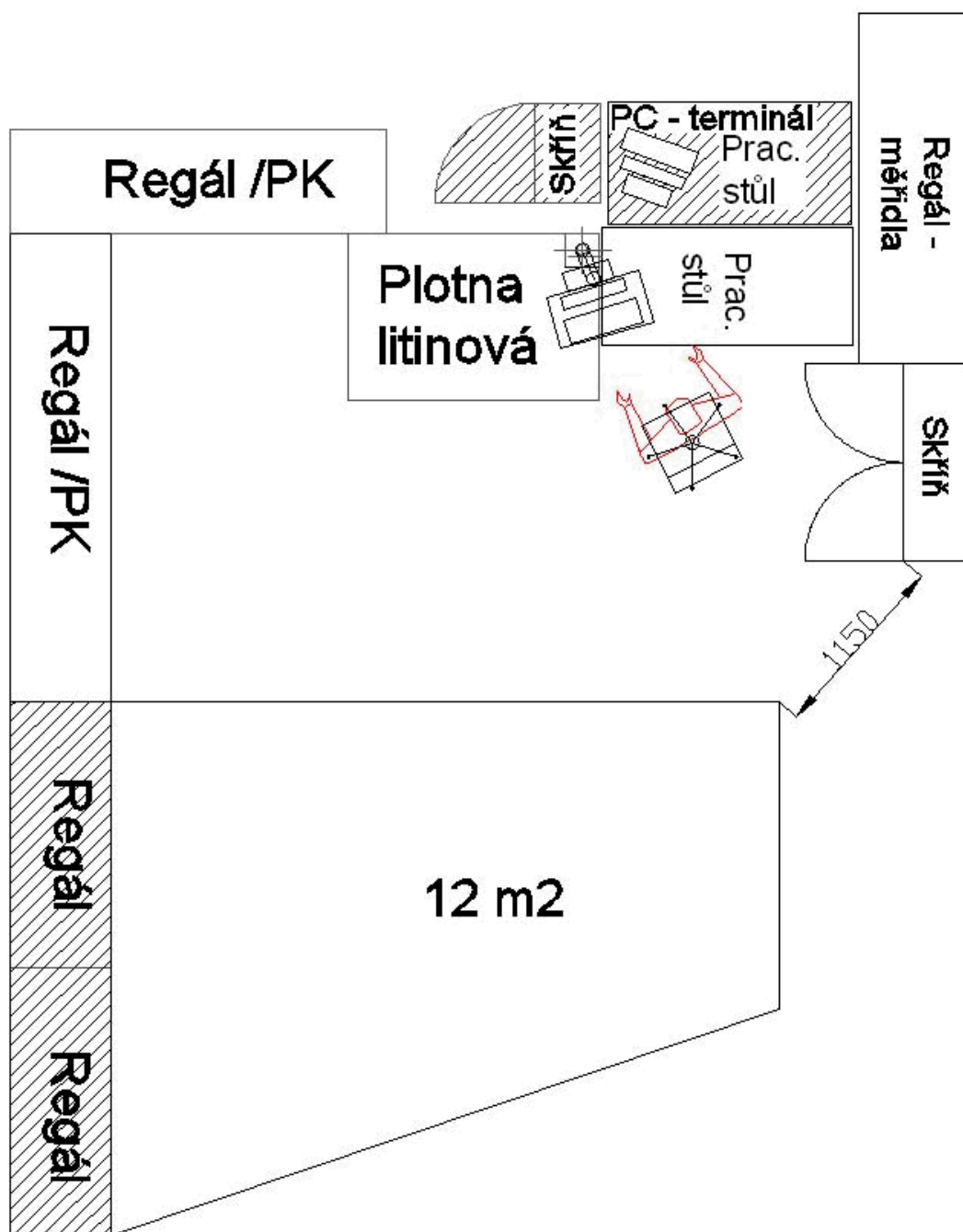
- Varianta A) – Šrafované objekty patří vedlejším pracovištím



Obr. 3.11. Pracoviště kontroly varianta A)

- Výhody
 - Všechny zásobovací uličky zůstávají zachovány
- Nevýhody
 - Horší využití prostoru

- Pro přístup k regálů je nutno obcházet vozíky s přípravky
 - Špatný přístup na pracoviště
 - Celkově horší logistika
 - Regály vedlejšího ručního pracoviště se dají obsluhovat pouze z jedné strany
- Varianta B) - Šrafované objekty patří vedlejším pracovištím



Obr. 3.12. Pracoviště kontroly varianta B)

- Výhody

- Všechny zásobovací uličky zůstávají zachovány
- Dobré využití prostoru
- Dobrý přístup na pracoviště
- Dobrý přístup k regálům

- Nevýhody

- Regály vedlejšího ručního pracoviště se dají obsluhovat pouze z jedné strany

4.2.4 Druhé pracoviště dvou CNC soustruhů SP30, lis LVS100 a odpady

Druhé pracoviště CNC soustruhů SP30 se do značné míry bude podobat tomu prvnímu. Opět musíme rozmístit oba soustruhy, dva pracovní stoly, dva PC terminály, jeden regál a jednu skříň. Oproti prvnímu pracovišti soustruhů ovšem ještě musíme umístit ruční lis LVS 100 a nesmíme zapomenout ani na odpadové hospodářství.

Vzhledem k tomu, že jsem ve středu výrobní améby, budeme zde instalovat šest plastových popelnic na převážně železný, ale i jiný odpad.

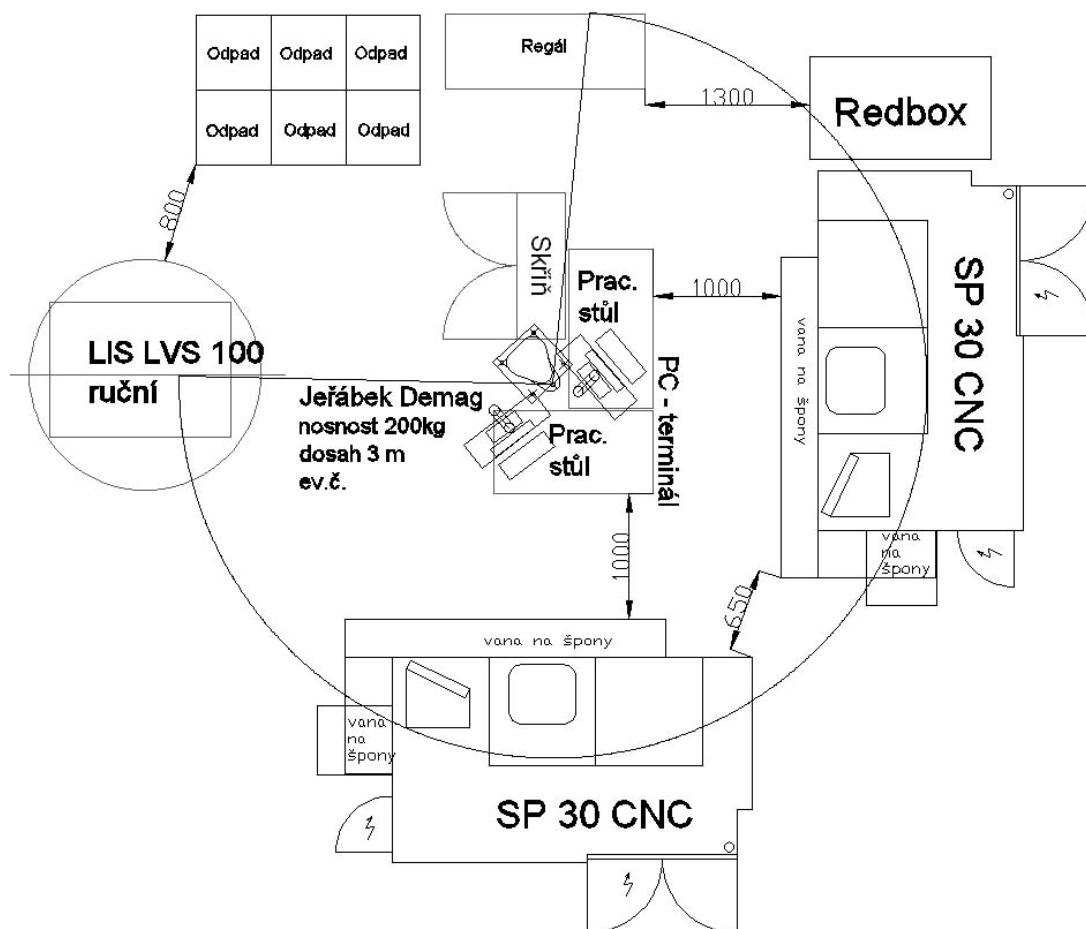
- Varianta A)

- Výhody

- Všechny zásobovací uličky zůstávají zachovány
- Dobré využití prostoru
- Dobrý přístup k pracovištím
- Dobrý přístup k popelnicím
- Kolem lisu je dostatek místa

- Nevýhody

- Regál je jen částečně obsloužen jeřábkem
- PC terminály zbytečně blokuji pracovní stoly



Obr. 3.13. Druhé pracoviště dvou soustruhů SP30, lis LVS100 a odpady varianta A)

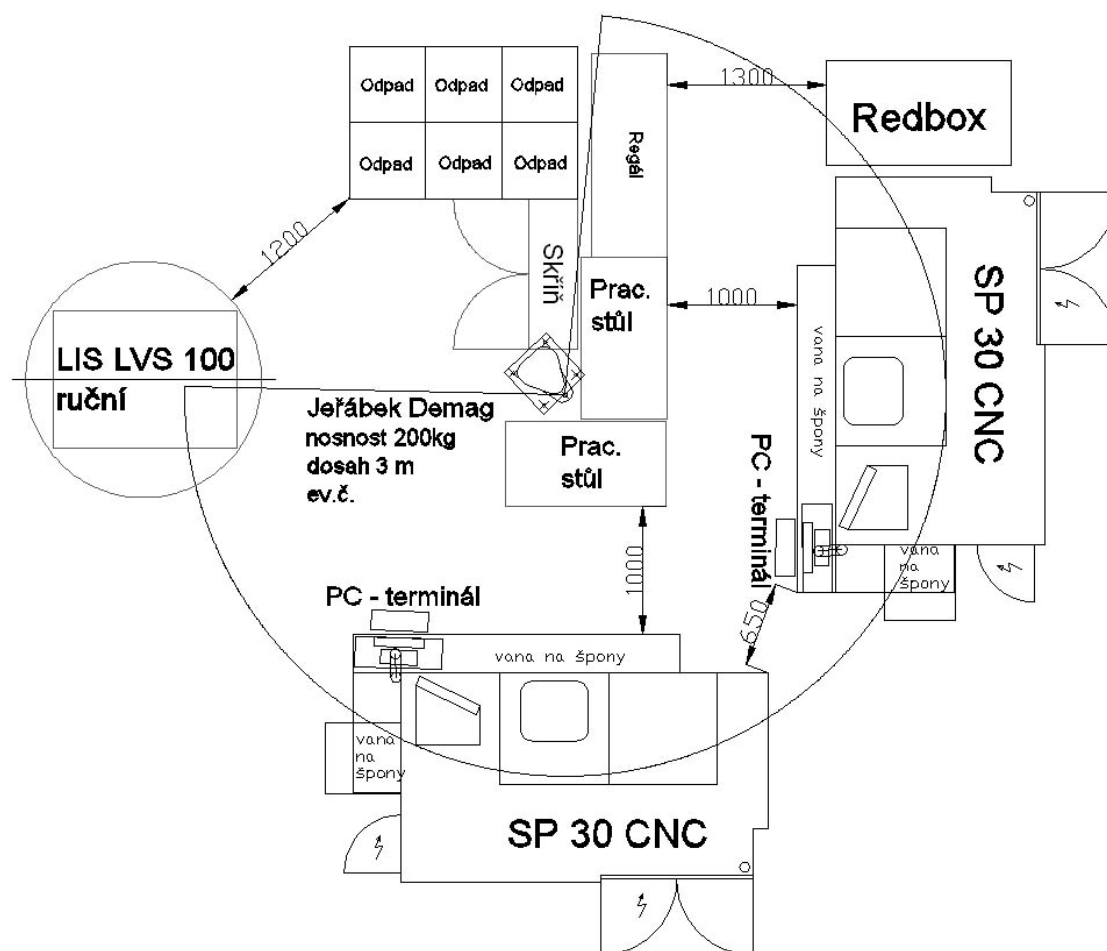
- Varianta B)

- Výhody

- Všechny zásobovací uličky zůstávají zachovány
- Výborné využití prostoru
- Dobrý přístup k pracovištím
- Dobrý přístup k popelnicím
- Kolem lisu je dostatek místa
- PC terminály neblokují pracovní stoly
- Regál je celý pokryt jeřábkem

- Nevýhody

- Umístění skříně není optimální

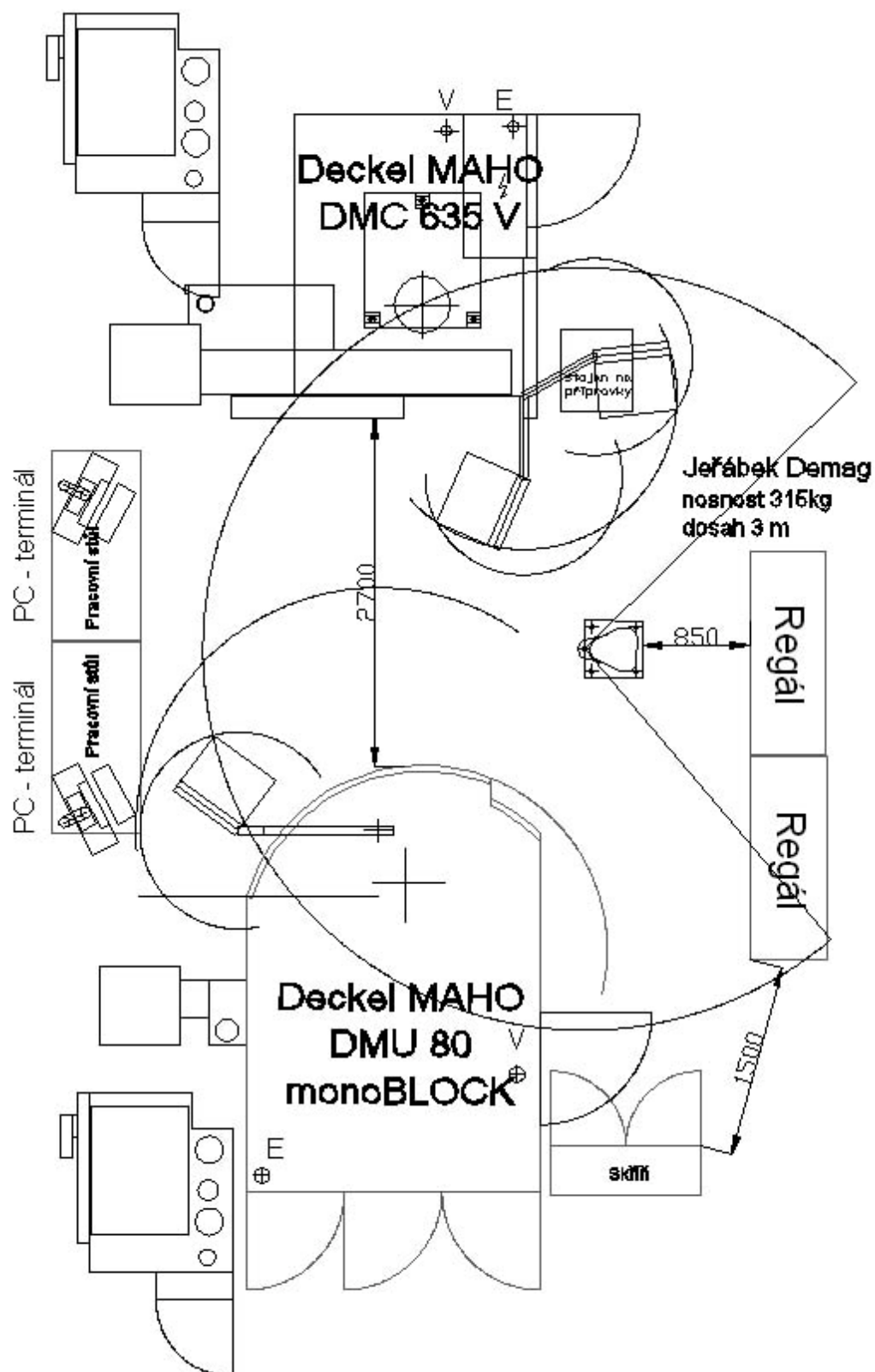


Obr. 3.14. Druhé pracoviště dvou soustruhů SP30, lis LVS100 a odpady varianta B)

4.2.5 Pracoviště obráběcích center Deckel DMC635v DMU80 monoblock

Posledním pracovištěm, které náleží lince na dílce pro Fiat Avio je pracoviště dvou obráběcích center – tříosého Deckel MAHO 635v a pětiosého Deckel MAHO DMU80 monoBLOCK. Tyto musím je potřeba usadit spolu se dvěma pracovními stoly, dvěma PC terminály a dvěma regály.

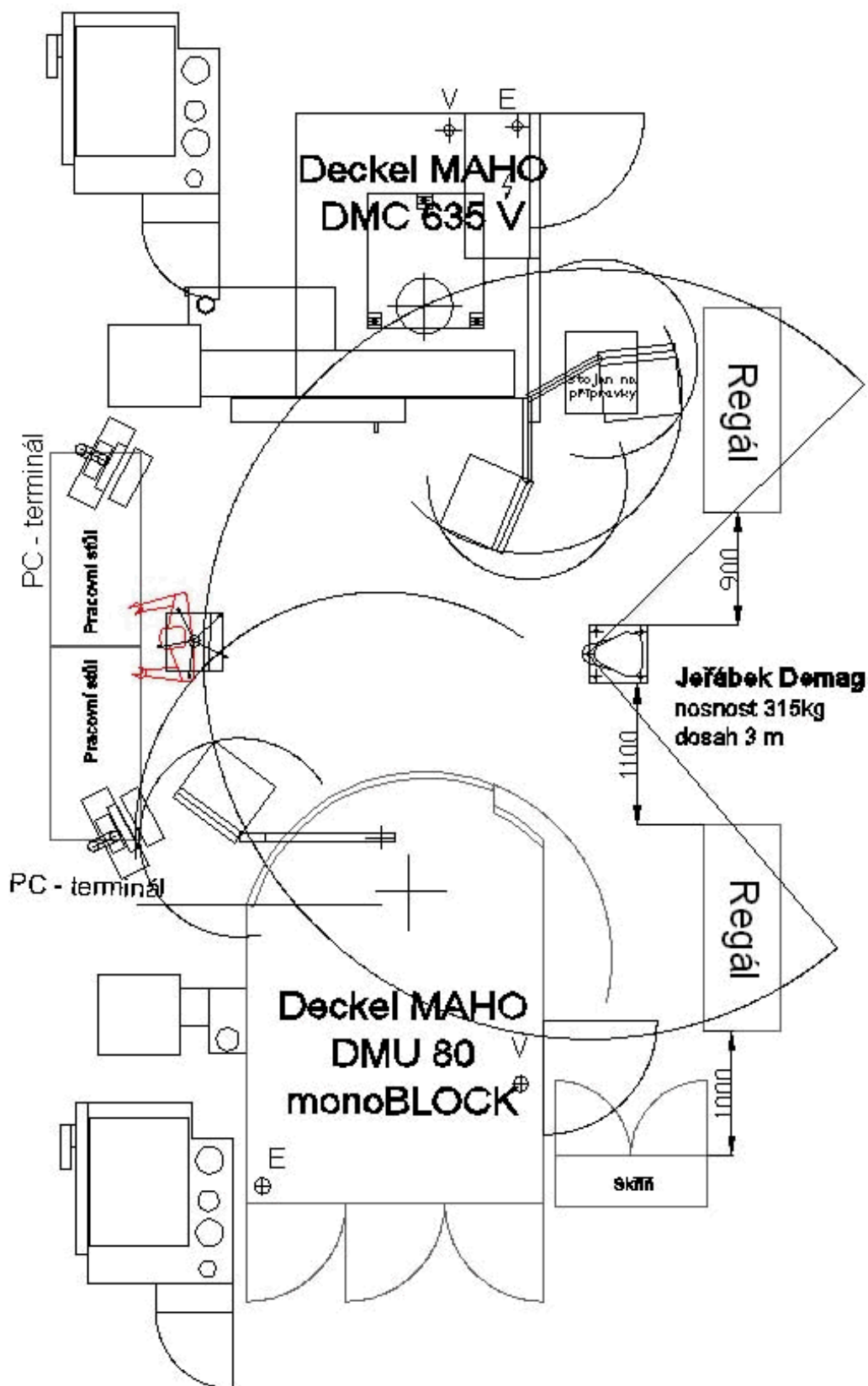
- Varianta A)



Obr. 3.15. Pracoviště obráběcích center Deckel MAHO DMC 635v a DMU 80 varianta A)

- Výhody
 - Všechny plánované zásobovací uličky zůstávají zachovány
 - Dobré využití prostoru
 - Dobrý přístup k pracovištím
 - Mezi stroji je dostatek místa
- Nevýhody
 - Umístění skříně není optimální
 - PC terminály blokují pracovní stoly
 - Jeřáb špatně dosáhne na věci v regálech
- Varianta B)
 - Výhody
 - Všechny plánované zásobovací uličky zůstávají zachovány
 - Dobré využití prostoru
 - Mezi stroji je dostatek místa
 - Jeřáb lehce obslouží oba dva regály i obě obráběcí centra
 - PC terminály již téměř neblokují pracovní stoly
 - Je snadněji možné dostat se k obráběcím centrům i vozíkem
 - Nevýhody
 - Umístění skříně není optimální
 - Regály samostatně stojící v prostoru

• Varianta B)



Obr. 3.16. Pracoviště obráběcích center Deckel MAHO DMC 635v a DMU 80 varianta B)

5 VÝBĚR NEJVHODNĚJŠÍ VARIANTY

Varianty budeme srovnávat váhovým hodnocením, jelikož jeho vypovídací hodnota je ve srovnání s jinými běžnými metodami větší. Kritéria, podle kterých budeme hodnotit zachycují technologické, ekonomické a organizační aspekty projektů.

5.1 Váhová metoda

Hodnoty vah jednotlivých kritérií volíme v rozsahu 1 – 5, kdy větší číslo znamená větší váhu. Bodové hodnocení jsem po diskuzi s inženýry zodpovědnými za tento projekt zvolil rovněž ve stejném rozsahu 1 – 5 a to takto:

Kritéria a jejich váha :	- bezpečnost práce	/ 4
	- manipulace s obrobky	/ 5
	- využití výrobních ploch	/ 3
	- dostupnost všech složek pracoviště	/ 4
	- zásobování z uličky	/ 2
	- dvoustrojové uspořádání obsluhy	/ 3
	- náročnost realizace	/ 4
	- investiční náklady	/ 3

V následující tabulce můžeme vidět váhové vyhodnocení variant dispozičních řešení v první části linky.

Tab. 4.1 Váhové hodnocení variant dispozičních řešení první části linky

Pracoviště	Kritérium	Varianta A		Varianta B	
		Počet bodů	Σ bodů	Počet bodů	Σ bodů
Svařovací pracoviště	Bezpečnost práce	4	16	5	20
	Manipulace s obrobky	3	15	4	20
	Využití výrobních ploch	4	12	4	12
	Dostupnost všech složek pracoviště	3	12	4	16
	Zásobování z uličky	2	4	2	4
	Dvoustrojové uspořádání obsluhy		0		0
	Náročnost realizace	3	12	3	12
	Investiční náklady	3	9	3	9
	Součet	80		93	
Ruční pracoviště a pracoviště vrtání	Bezpečnost práce	2	8	4	16
	Manipulace s obrobky	3	15	4	20
	Využití výrobních ploch	3	9	4	12
	Dostupnost všech složek pracoviště	3	12	5	20
	Zásobování z uličky	2	4	5	10
	Dvoustrojové uspořádání obsluhy		0		0
	Náročnost realizace	3	12	3	12
	Investiční náklady	3	9	3	9
	Součet	69		99	
Pracoviště kontroly a druhé ruční pracoviště	Bezpečnost práce	4	16	4	16
	Manipulace s obrobky	3	15	4	20
	Využití výrobních ploch	2	6	3	9
	Dostupnost všech složek pracoviště	2	8	4	16
	Zásobování z uličky	4	8	3	6
	Dvoustrojové uspořádání obsluhy		0		0
	Náročnost realizace	3	12	3	12
	Investiční náklady	3	9	3	9
	Součet	74		88	

Ze srovnání obou variant mám ve všech případech lépe vychází varianta B. Převahu většinou získává lepší manipulací s obrobky a lepším využitím výrobních ploch. Naproti tomu v investičních nákladech a náročnosti realizace se varianty prakticky vůbec neliší. Dvoustrojovou obsluhu v této části linky ještě nemáme, takže tato položka do výběru vůbec nezasahuje.

Ve všech případech pro projekt **volím variantu B.**

Tab. 4.2 Váhové hodnocení variant dispozičních řešení druhé části linky

Pracoviště	Kritérium	Varianta A		Varianta B	
		Počet bodů	Σ bodů	Počet bodů	Σ bodů
Pracoviště CNC brusky SBV40 a soustruhu SN710SA	Bezpečnost práce	4	16	3	12
	Manipulace s obrobky	3	15	5	25
	Využití výrobních ploch	3	9	4	12
	Dostupnost všech složek pracoviště	2	8	4	16
	Zásobování z uličky	4	8	3	6
	Dvoustrojové uspořádání obsluhy	4	12	3	9
	Náročnost realizace	4	16	3	12
	Investiční náklady	4	12	3	9
	Součet	96		101	
Pracoviště dvou CNC soustruhů SP30 a ruční pracoviště	Bezpečnost práce	3	12	3	12
	Manipulace s obrobky	3	15	4	20
	Využití výrobních ploch	4	12	5	15
	Dostupnost všech složek pracoviště	3	12	4	16
	Zásobování z uličky	2	4	3	6
	Dvoustrojové uspořádání obsluhy	3	9	3	9
	Náročnost realizace	3	12	3	12
	Investiční náklady	3	9	3	9
	Součet	85		99	
Pracoviště kontroly	Bezpečnost práce	4	16	4	16
	Manipulace s obrobky	2	10	4	20
	Využití výrobních ploch	2	6	4	12
	Dostupnost všech složek pracoviště	2	8	4	16
	Zásobování z uličky	2	4	2	4
	Dvoustrojové uspořádání obsluhy		0		0
	Náročnost realizace	2	8	3	12
	Investiční náklady	3	9	3	9
	Součet	61		89	
Druhé pracoviště dvou CNC soustruhů SP30, lis LVS100 a odpady	Bezpečnost práce	4	16	4	16
	Manipulace s obrobky	4	20	5	25
	Využití výrobních ploch	4	12	5	15
	Dostupnost všech složek pracoviště	2	8	3	12
	Zásobování z uličky	3	6	2	4
	Dvoustrojové uspořádání obsluhy	3	9	3	9
	Náročnost realizace	4	16	3	12
	Investiční náklady	4	12	3	9
	Součet	99		102	
Pracoviště	Bezpečnost práce	3	12	3	12

obráběcích center Deckel MAHO DMC635v a DMU80 monoBLOCK	Manipulace s obrobky	2	10	4	20
	Využití výrobních ploch	4	12	3	9
	Dostupnost všech složek pracoviště	3	12	4	16
	Zásobování z uličky	4	8	3	6
	Dvoustrojové uspořádání obsluhy	3	9	3	9
	Náročnost realizace	3	12	3	12
	Investiční náklady	3	9	3	9
	Součet	84		93	

Z tabulky lze porovnáním součtů lehce zjistit, že opět jsou výhodnější varianty B, i když v několika případech se součty liší jen v řádu jednotek. Převahu nabraly především v kritériích „manipulace s obrobky“, „využití výrobních ploch“ a „dostupnost všech složek pracoviště“. Naopak kritéria „investiční náklady“ a „náročnost realizace“ se lišila jen minimálně.

Pro zpracování projektu **volím** pro všechna pracoviště **variantu B**.

6 TECHNOLOGICKÝ PROJEKT S OHLEDEM NA VYBRANÉ VARIANTY

V této kapitole se věnuji vypracování komplexního projektu výrobní linky Fiat Avio. V předchozích dvou kapitolách jsem se zabýval dispozičními řešeními jednotlivých pracovišť. Jak jsem ale došel k jednotlivým počtům strojů a k jejich konkrétním typům, tím se budu zabývat v této kapitole.

6.1 Podrobný kapacitní propočet třísměnného provozu

Jak již bylo popsáno v první kapitole, kapacitní propočty máme hrubé a podrobné a ty podrobné ještě můžeme dělit na statické a dynamické. Vzhledem k rozsahu této práce a relativně stabilnímu výrobnímu plánu, jsem se rozhodl pro výpočty použít statického kapacitního propočtu.

Vzhledem k tomu, že výrobní linka je zcela nová, neexistují zatím přesné informace o jednotlivých kusových a dávkových časech a časy použité v této práci jsou odhady technologů pro jednotlivé operace, založené na jejich mnohaleté praxi.

V příloze číslo 9. jsou k dispozici všechny operace všech čtyř dílců seřazené za sebou i s odhady kusových a dávkových časů.

Týdenní požadavek na výrobu je 15 kusů a ze všech těchto známých hodnot již můžeme spočítat potřebný týdenní počet hodin na dávku. (která byla s ohledem na kapacity strojů volena na 6ks)

$$t_t = \frac{t_{AC} \cdot N + \frac{t_{BC}}{d} \cdot N}{60} [Nhod]$$

kde	t_t ...	týdenní počet hodin na dávku	[Nhod]
	t_{AC} ...	čas jednotkové práce	[Nmin]
	t_{BC} ...	čas dávkové práce	[Nmin]
	d ...	počet kusů v dávce	[ks]
	N ...	požadovaný týdenní počet kusů	[ks]

Tento týdenní počet hodin na dávku spočítaný pro všechny pracoviště používané ve výrobě nalezneme v příloze číslo 9. v příslušné kolonce.

Pro zjištění počtu potřebných strojů je nutné sečíst hodnoty t_t a to vždy u jednoho typu stroje. Např. sečteme hodnoty t_t u všech pracovišť CNC soustruhů SP30, broušení na SBV40 atd.

Abychom z tohoto součtu konečně dostaly potřebné počty strojů, použijeme následující vzoreček:

$$P_{th} = \frac{\sum t_i i}{E_s \cdot S_s \cdot k_{pn}} [ks]$$

kde P_{th} ... teoretický počet strojů [ks]
 $\sum t_i i$... součet t_i jednotlivých operací [Nmin]
 E_s ... efektivní fond stroje v jedné směně [hod/týden]
 S_s ... směnnost pracovišť
 K_{pn} ... koeficient překračování norem

Koeficient překračování norem volíme 80% - stroje normy nepřekračují, ale naopak jedou pouze na 80%, což je dáno započítáním času na údržbu, proškolení obsluhy, nebo vyndávání a vkládání obrobků.

Výsledky výpočtu přehledně ukazuje následující tabulka:

Tab. 5.1. konkrétní počty strojů pro výrobu Fiat Avio

Část linky	Popis	Pracoviště	Týdenní počet hodin na dávku 6ks	Počet strojů (80%, 3směny)	Počet strojů (80%, 3směny)
I.	Svařování - kapacitní	Kapacitní Dual Pulse 125	18	0,2	1
I.	Kontrola	Kontrolní stůl	15	0,2	1
I.	Ruční práce	Pracovní stůl	108	1,2	2
I.	Svařování - TIG	TIG Aristotig 200	144,0283	1,6	2
I.	Vrtání	HELTOS 20.8	6,25	0,1	1
II.	Obrábění	DMC 635 V	100,2583	1,1	1
II.	Obrábění	DMU 80 monoBlok	72	0,8	1
II.	Kontrola	Kontrolní stůl	56,875	0,6	1
II.	Ruční práce	Pracovní stůl	59,185	0,7	1
II.	Popis	Pracovní stůl - popis	5,98	0,1	1
II.	Lisování	Ruční Lis 141113	1,375	0,0	1
II.	Broušení (SI)	SBV40 CNC	99,25	1,1	1
II.	Soustružení	SP 30 CNC	286,8583	3,2	4
II.	Soustružení	SN710 SA	79,20833	0,9	1

Z tabulky můžeme vyčíst, kolik bude v jednotlivých částech linky strojů. Všechny hodnoty byly zaokrouhlovány směrem nahoru, aby bylo alespoň

částečně možné navýšit výrobu, když už se uvažuje o přejití z dvousměnného provozu na trojsměnný.

Jednotlivé typy strojů byly samozřejmě voleny dle technologických potřeb, ale vybíraly se takové, se kterými jsou již kladné zkušenosti ve zbytku provozu a od firem s dobrým renomé, které co nejkomplexněji zajišťují dovoz a nainstalování stroje, proškolení pracovníků a následně mají i dobré servisní podmínky. Z tohoto výčtu vyšly stroje, jež jsou zveřejněny v tabulce 5.1.

Obsluhující a pomocný personál:

K počtu výrobního personálu v jedné směně dojdeme tak, že počet strojů s jednostrojovou obsluhou sečteme s polovičním počtem strojů, u nichž je aplikována obsluha dvoustrojová, připočteme počet ručních pracovišť a kontrol a odečteme sloučená pracoviště.

$$P_{vp} = \sum S_{js} + \frac{1}{2} \cdot \sum S_{ds} + \sum Rp + \sum K - \sum Sp$$

Kde: P_{vp} ... počet výrobních pracovníků
 S_{js} ... počet strojů s jednostrojovou obsluhou
 S_{ds} ... počet strojů s dvoustrojovou obsluhou
 R_p ... počet ručních pracovišť
 K ... počet pracovišť kontroly
 Sp ... počet pracovišť, která byla přidružena k jiným

V první fázi linky je díky nízkému využití možné sloučit jedno svařovací pracoviště Aristotig s pracovištěm DualPulse. V druhé části linky zase můžeme sloučit pracoviště popisu a ruční pracoviště a dále pak pracoviště ručního lisu s druhým pracovištěm CNC soustruhů SP30. Tímto ušetříme dva výrobní dělníky.

$$P_{vp} = \sum S_{js} + \frac{1}{2} \cdot \sum S_{ds} + \sum Rp + \sum K - \sum Sp = 5 + \frac{1}{2} \cdot 8 + 4 + 2 - 3 = 12$$

V jedné směně bude tedy pracovat 12 výrobních dělníků.

K výrobním pracovníkům je však nutno připočíst ještě pracovníky pomocné a ti se spočítají jednoduchým způsobem. Zpravidla bývá počet pomocných dělníků okolo 1/3 počtu dělníků výrobních.

V jedné směně budou tedy pracovat ještě 4 pomocní dělníci.

Ve třisměnném provozu to tedy bude třikrát tolik a nesmíme započítat zhruba 15% dělníků navíc kvůli vybírání dovolených, nemocnosti a jiných nepředvídaných událostí. Celkový počet dělníků tedy spočítáme jako:

$$P_c = P_{vp} \cdot 1,15 \cdot 3 + P_p \cdot 1,15 \cdot 3$$

Kde: P_c ... počet dělníků celkem
 P_{vp} ... počet výrobních pracovníků
 P_p ... počet pomocných pracovníků

$$P_c = P_{vp} \cdot 1,15 \cdot 3 + P_p \cdot 1,15 \cdot 3 = 12 \cdot 1,15 \cdot 3 + 4 \cdot 1,15 \cdot 3 \cong 42 + 14 = 56$$

Na výrobní lince Fiat Avio bude v třisměnném provozu zaměstnáno 42 výrobních a 14 pomocných dělníků, takže v součtu budeme potřebovat 56 dělníků.

6.2 Dispoziční řešení

Dispoziční řešení vychází z variant z kapitoly 3, které následně při váhovém hodnocení měly nejvíce bodů.

Při seskupování jednotlivých pracovišť do celků první a druhé části linky bylo nutné dávat pozor na co nejšetrnější využití výrobní plochy při zachování norem bezpečnosti a zachování potřebných šířek dopravních cest.

Tak vzniklo celkové dispoziční řešení linky Fiat Avio, které naleznete v přílohách číslo 10 a 11.

6.3 Materiálové toky

Vzhledem k některým poměrně dlouhým technologickým postupům a faktu, že daná linka má dvě části vzdálené od sebe cca 100 metrů a poměrně velké množství operací na pracovištích sdílených s ostatními výrobními částmi provozu, bylo by velmi složité zakreslit materiálové toky do reálné mapy pracovišť celé dílny. Navíc i orientace v tomto by byla složitá a toky by byly dosti těžce sledovatelné a nepřehledné.

Z tohoto důvodu jsem se rozhodl pojmout je čistě schematicky. Takto vytvořená řešení je možno najít jako přílohy číslo 12 až 15.

7 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ NÁVRHU ŘEŠENÍ

V této kapitole budu pojednávat o ekonomickém rozdílu v jednorázových investicích a následně v měsíčních nákladech pro dvou a třísměnný provoz. Dle očekávání by měly náklady na stroje v třísměnném provozu být výrazně nižší, než u provozu dvousměnného, zato však bude potřeba více personálu, protože stroje je nutné obsluhovat i ve třetí směně.

Vzhledem k citlivým datům, která se na veřejnost nepouštějí, nemám ovšem naprosto přesné informace o cenách strojů, ani o přesných nákladech na personál. Všechny ceny uvedené v této diplomové práci jsou fiktivní, nicméně měly by částečně kopírovat reálnou situaci.

7.1 Porovnání nákladů na stroje

Jako první uděláme porovnání nákladů na stroje. Vezmeme cenu každého stroje, vynásobíme ji počtem potřebných strojů a tyto hodnoty od všech strojů sečteme. Nejlépe to budu demonstrovat následující tabulky, ve kterých přehledně uvidíme investice do strojů pro třísměnný a dvousměnný provoz.

Tab 6.1. Náklady na stroje pro třísměnný provoz

Stroje	Cena za stroj	Počet strojů	Cena celkem
Svářečka DualPulse125	100 000 Kč	1	100 000 Kč
Svářečka Aristotig 200	120 000 Kč	2	240 000 Kč
Vrtačka HELTOS VS20.8	130 000 Kč	1	130 000 Kč
Centrum DMU 80 monoBLOCK	6 200 000 Kč	1	6 200 000 Kč
Centrum DMC 635v	3 300 000 Kč	1	3 300 000 Kč
Bruska SBV40 CNC	8 500 000 Kč	1	8 500 000 Kč
Soustruh SP 30 CNC	2 900 000 Kč	4	11 600 000 Kč
Soustruh SN710 SA	900 000 Kč	1	900 000 Kč
Celkem			30 970 000 Kč

Tab 6.2. Náklady na stroje pro dvousměnný provoz

Stroje	Cena za stroj	Počet strojů	Cena celkem
Svářečka DualPulse125	100 000 Kč	1	100 000 Kč
Svářečka Aristotig 200	120 000 Kč	3	360 000 Kč
Vrtačka HELTOS VS20.8	130 000 Kč	1	130 000 Kč
Centrum DMU 80 monoBLOCK	6 200 000 Kč	1	6 200 000 Kč
Centrum DMC 635v	3 300 000 Kč	2	6 600 000 Kč
Bruska SI6/1AX/50	14 000 000 Kč	1	14 000 000 Kč
Soustruh SP 30 CNC	2 900 000 Kč	5	14 500 000 Kč
Soustruh SU63A/1250	3 000 000 Kč	2	6 000 000 Kč
Celkem			47 890 000 Kč

Z tabulek je jasně vidět, že volba třísměnného provozu ušetří na strojích nemalou položku. Konkrétně jde takřka o 17 000 000 Kč.

Abych byl ale spravedlivý nejen posunem ke třísměnnému provozu se tolik ušetřilo. V původním dvousměnném provozu se počítalo s mnohem dražšími soustruhy SU63A/1250, které nestojí 900 000 Kč jako soustruh SN710SA, ale stojí kolem 3 000 000 Kč. Navíc jsou pro dvousměnný provoz potřeba hned dva. Rovněž bruska SI6/1AX/50 stojí cca 14 000 000 Kč a SBV40 CNC jen 8 500 000 Kč.

Kdybychom tedy použili totožné vybavení i pro provoz dvousměnný, neušetřili bychom 17 000 000 Kč, ale jen 7 200 000 Kč.

7.2 Porovnání nákladů na personál

Počet pracovníků pro třísměnný provoz již máme spočítaný z kapacitního propočtu. Jde o 42 výrobních pracovníků, nicméně náklady na ně se budou různit dle jejich kvalifikace. A pak tu ještě máme 14 pomocných dělníků, s nimiž rovněž musíme počítat.

Počet dělníků pro dvousměnný provoz spočítáme stejným způsobem, jako tomu bylo u třísměnného.

$$P_{vp} = \sum S_{js} + \frac{1}{2} \cdot \sum S_{ds} + \sum Rp + \sum K - \sum Sp = 7 + \frac{1}{2} \cdot 10 + 4 + 2 - 3 = 15$$

V jedné směně je tedy třeba 15 výrobních dělníků. Pomocný personál by měl tvořit zhruba třetinu počtu výrobních dělníků a tedy 1/3 z 15 je 5 pomocných dělníků.

Celkový počet dělníků ve dvou směnách potom bude:

$$P_c = P_{vp} \cdot 1,15 \cdot 2 + P_p \cdot 1,15 \cdot 2 = 15 \cdot 1,15 \cdot 2 + 5 \cdot 1,15 \cdot 2 \approx 35 + 12 = 47$$

Ve dvou směnách tedy budeme potřebovat 35 výrobních dělníků a 12 pomocných, takže celkem 47 dělníků.

Pro zjednodušení situace, které ale bude dostatečně přesně kopírovat reálný stav věci, můžeme říct, že průměrná mzda výrobních dělníků činí zhruba 130 Kč/hod a průměrná mzda pomocných dělníků 100 Kč /hod. Měsíční náklady na mzdy vypočteme jako:

$$M_{mn} = (P_{vp} \cdot 7,5 \cdot 22 \cdot 130 + P_p \cdot 7,5 \cdot 22 \cdot 100) [Kč]$$

Kde: M_{mn} ... měsíční mzdové náklady [Kč]

P_{vp} ... počet výrobních pracovníků [Ks]

P_p ... počet pomocných pracovníků [Ks]

Tab. 6.3. Měsíční náklady na mzdy výrobních a pomocných pracovníků

	Počet výrobních dělníků	Mzda výrobních dělníků	Náklady na výrobní dělníky	Počet pomocných dělníků	Mzda pomocných dělníků	Náklady na pomocné dělníky	Měsíční náklady celkem
Dvousměnný provoz	35	130	750 750 Kč	12	100	198 000 Kč	948 750 Kč
Třísměnný provoz	42	130	900 900 Kč	14	100	231 000 Kč	1 131 900 Kč
Rozdíl							183 150 Kč

Z tabulky je pěkně vidět, že rozdíl v nákladech na platy pracovníků u dvou a třísměnného provozu je sice relativně malý, ale zdaleka ne zanedbatelný. Za zhruba 7,75 roku by tento rozdíl dohnal snížené náklady třísměnného provozu a celkové náklady by se tak vyrovnaly.

7.3 Celkové zhodnocení nákladů

V předchozích podkapitolách jsem spočítal, jak se liší náklady ve dvousměnném a třísměnném provozu na pořízení strojního vybavení pro výrobu čtyř součástí leteckých proudových motorů a jak se také změni náklady na mzdy pracovníků.

Musíme sice ještě započítat další vybavení, jako jsou stoly, židle, nářadí a podobně, ale tento rozdíl už nebude v délce vyrovnání nákladů hrát nějak důležitou roli, protože náklady na vybavení budou u obou variant podobné.

Toto dokazuje i následující tabulka, kde jsou spočítány náklady na vybavení pracovišť.

Tab. 6.4. Náklady na vybavení pracovišť u dvou a třisměnného provozu

Vybavení	Cena za kus	Počet kusů dvojsměnný provoz	Počet kusů trojsměnný provoz	Cena ve dvojsměnném provozu	Cena v trojsměnném provozu	Rozdíl
Stoly	8 000 Kč	20	16	160 000 Kč	128 000 Kč	32 000 Kč
Židle	2 000 Kč	13	10	26 000 Kč	20 000 Kč	6 000 Kč
PC terminály	20 000 Kč	20	16	400 000 Kč	320 000 Kč	80 000 Kč
Skříňky	11 000 Kč	13	10	143 000 Kč	110 000 Kč	33 000 Kč
Litínové plotny kontroly	60 000 Kč	2	2	120 000 Kč	120 000 Kč	0 Kč
Regály	12 000 Kč	21	18	252 000 Kč	216 000 Kč	36 000 Kč
Celkem				1 101 000 Kč	914 000 Kč	
Celkový rozdíl						187 000 Kč

Z tabulky 6.4. můžeme lehce vyčíst, že rozdíl v nákladech u dvou a třisměnného provozu činí pouze 187 000 Kč ve prospěch třisměnného provozu, což je částka, která nám dobu vyrovnání nákladů změní jen velmi málo.

Pro větší přehlednost situace uvádím tabulku 6.5, ve které je provedeno srovnání celkových fixních a měsíčních variabilních nákladů (mzdy).

Tab 6.5 Srovnání celkových nákladů

	Celkové fixní náklady	Variabilní měsíční náklady
Dvojsměnný provoz	48 991 000 Kč	948 750 Kč
Třisměnný provoz	31 884 000 Kč	1 131 900 Kč

Můžu tedy říci, že pro trojsměnný provoz, pro který se firma Honeywell Aerospace s.r.o. rozhodla, jsou sice výrazně nižší fixní náklady, zato ale variabilní jsou o nezanedbatelnou část vyšší.

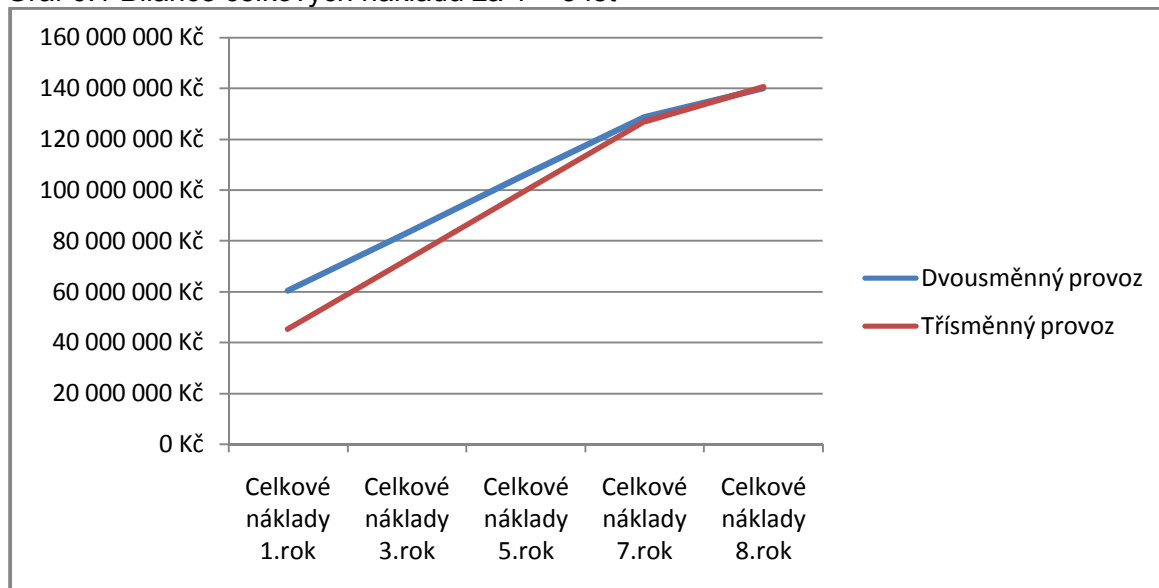
Pro lepší představu o návratnosti, nebo respektive o době srovnání celkových nákladů, uvádím tabulku 6.6 Celkové náklady jsou počítány jako celkové fixní (cena strojů + vybavení pracovišť) a variabilní vynásobené daným počtem měsíců.

Tab. 6.6 Celkové náklady za dané období

	Celkové náklady 1.rok	Celkové náklady 3.rok	Celkové náklady 5.rok	Celkové náklady 7.rok	Celkové náklady 8.rok
Dvousměnný provoz	60 376 000 Kč	83 146 000 Kč	105 916 000 Kč	128 686 000 Kč	140 071 000 Kč
Třisměnný provoz	45 466 800 Kč	72 632 400 Kč	99 798 000 Kč	126 963 600 Kč	140 546 400 Kč

Možná ještě přehledněji je tato situace vyobrazena v následujícím grafu 6.1, jež nám ukazuje, jak se celkové náklady třisměnného provozu pomalu blíží nákladům na dvousměnný provoz a těsně před koncem osmého roku výroby se celkové náklady vyrovnávají a dále již je „levnější“ provoz dvousměnný.

Graf 6.1 Bilance celkových nákladů za 1 – 8 let



Kdyby ovšem bylo v lince typově stejné vybavení (bruska a soustruhy), tato doba by se zkrátila na zhruba 3,25 roku.

8 ZÁVĚR

Řešení této práce přineslo zásadní poznatky v prvním kroku rozhodování, zda můžeme jako úspornou variantu výroby použít provozu třísměnného místo dvousměnného.

V případě, že by byla realizována varianta dvousměnného provozu, znamenalo by to zásadní nevýhodu ve výši jednorázové počáteční investice do strojního vybavení a vybavení pracovišť. Tato varianta ovšem přináší výhodu hlavně ve formě nižších nákladů na mzdy dělníků. Jich sice bude potřeba na jednu směnu více, než u provozu třísměnného, ovšem sečteme-li všechny tři směny, pak v provozu dvousměnném celkově ušetříme devět pracovníků, což se příznivě odrazí právě v nákladech na mzdy.

V případě zavedení třísměnného provozu můžeme počítat s výrazně nižší investicí do strojního vybavení a tato úspora je více než 17 milionů. Toto je částka, která stačí na to, aby se celkové náklady díky vyšším variabilním nákladům srovnaly až za necelých osm let, což je doba dosti vzdálená a je proto možné říci, že je tato varianta zhruba na osm let variantou úspornou.

Nicméně zavedením třísměnného provozu téměř zcela přicházíme o náhlou možnost rozšíření výroby třeba v důsledku konce hospodářské krize nebo díky zvýšení objednávek na dodávku těchto čtyř dílců.

Obě varianty mají své pro a proti, nicméně úspora 17 milionů v počáteční investici se pro střednědobý časový horizont zdá dobrou volbou pro doporučení třísměnného provozu.

V případě odsouhlasení tohoto návrhu bude firma Honeywell Aerospace Olomouc moci přikročit k druhé fázi projektu – nákupu strojů a zajištění prostředků potřebných pro investici.

Díky zpracování dat potřebných pro rozhodnutí mezi těmito dvěma variantami jsem tedy vytvořil návrh či doporučení, ze kterého je možné udělat si dosti podrobný obrázek o tom, kterou variantu pro náš účel v této době zvolit. Z tohoto důvodu se domnívám, že tato diplomová práce byla přínosem pro obě strany.

9 CITOVANÁ LITERATURA

1. **Josef Adamec, Jindřich Kocáb.** *Letadlové motory*. Brno : KANT cz s.r.o. 80-902914-0-6.
2. **Kříž, Josef.** *Letadlové pohonné jednotky*. Žilina : Žilinská Univerzita, 2004. 80-8070-342-6.
3. **Karel Kocman, Jaroslav Prokop.** *Technologie obrábění*. Brno : Vysoké učení technické v Brně, 2005. 80-214-3068-0.
4. **Brychta, Josef.** *Nové směry v progresivním obrábění*. [CD] Ostrava : Ostrava: VŠB, 2008. 978-80-248-1505-3.
5. ESAB svařování a řezání - vzdělávání. *ESAB*. [Online] [Citace: 02. 05 2009.] <http://www.esab.cz/cz/cz/education/processes.cfm>.
6. **Moravec, Jaromír.** *Teorie svařování a pájení*. Liberec : Technická univerzita v Liberci, 2009. 978-80-7372-439-9.
7. Wikipedie/svařování. *Wikipedie*. [Online] [Citace: 03. 05 2009.] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Sva%C5%99ov%C3%A1n%C3%AD>.
8. Wimbro group. *Wimbro group*. [Online] [Citace: 03. 05 2009.] www.wimbrogroupp.com.
9. MM Spektrum - nekonvenční metody obrábění. *MM Spektrum*. [Online] [Citace: 03. 05 2009.] <http://www.mmspektrum.com/clanek/nekonvencni-metody-obrabeni-5-dil>.
10. **Hlavenka, Bohumil.** *Projektování výrobních systémů*. 2005. ISBN 80-214-2871-6.
11. **Zelenka, Antonín.** *Projektování výrobních systémů*. 1995. ISBN 80-01-01302-2.
12. **Jaroslav Jeřábek, Karel Nenadál.** *ČSN 26 9010 - Šířky a výšky cest a uliček*. Praha : Úřad pro normalizaci a měření, 1993.

Seznam použitých zkratk:

Zkratka	Jednotka	Název
D	[ks]	potřebný počet dělníků
d	[ks]	počet kusů v dávce
E_d	[hod/rok]	roční časový fond dělníka
E_s	[hod/rok]	efektivní roční fond stroje v jedné směně
E_v	[hod/rok]	roční časový fond ručního pracoviště
f	[mm/ot]	posuv na otáčku
F	[m ²]	potřebná plocha
hD	[mm]	jmenovitá tloušťka řezu
K	[ks]	počet pracovišť kontroly
k_{pn}	-	koeficient překračování norem
Mmn	[Kč]	měsíční mzdové náklady
n	[ot/min]	otáčky obrobku při soustružení
N	[ks]	počet vyráběných kusů
NhPC	[Nmin]	normominuty stroje na seřizovací čas
Nhstroje	[Nmin]	normominuty stroje na operační čas
p	[ks]	potřebné množství strojů a zařízení
P_c	[ks]	počet dělníků celkem
P_p	[ks]	počet pomocných dělníků
P_{sk}	[ks]	skutečný počet strojů na pracovišti
P_{th}	[ks]	teoretický počet strojů
P_{vp}	[ks]	počet výrobních dělníků
q_d	-	ukazatel roční výroby jednoho dělníka
q_f	-	výrobnost na 1m ² výrobní plochy
q_s	-	ukazatel roční výroby jednoho stroje
R_p	[ks]	počet ručních pracovišť
S_{ds}	[ks]	počet strojů s dvoustrojovou obsluhou
S_{js}	[ks]	počet strojů s jednostrojovou obsluhou
S_p	[ks]	počet přidružených pracovišť
s_s	-	strojní směnnost
t	[min/ks]	takt stroje / linky
t_{AC}	[Nmin]	čas jednotkový
t_{BC}	[Nmin]	čas dávkový
t_k	[Nmin]	čas kusový
T_k	[Nh/kus]	výkonová norma výrobků
t_t	[Nhod]	týdenní počet hodin na dávku

V	[kč, ks, t]	objem výroby
v_c	[m/s]	řezná rychlost
v_e	[m/min]	rychlost řezného posuvu
v_f	[m/min]	rychlost posuvu
V_{max}	[ks/rok]	maximální roční propustnost pracoviště
α_0	[°]	úhel hřbetu
η	-	součinitel časového využití stroje

Seznam příloh:

1. Technologický sled operací dílce 1 – Deswirel
2. Technologický sled operací dílce 2 – Diffusor compressor
3. Technologický sled operací dílce 3 - Diffusor compressor
4. Technologický sled operací dílce 4 – Combustor case
5. Výkresy součástí dílce 1 – Deswirel
6. Výkresy součástí dílce 2 – Diffusor compressor
7. Výkresy součástí dílce 4 – Combustor case
8. Rozpracování návrhu dispozičního řešení 2. části linky pro dvojsměnný provoz
9. Technologické sledy operací s odhady kusových a dávkových časů
10. Projekt dispozičního řešení pro první část linky
11. Projekt dispozičního řešení pro druhou část linky
12. Tok materiálu dílce 1 – Deswirel
13. Tok materiálu dílce 2 – Diffusor compressor
14. Tok materiálu dílce 3 - Diffusor compressor
15. Tok materiálu dílce 4 – Combustor case

Seznam odborné literatury:

Odborná literatura z oblasti technologie tváření

Odborná literatura z oblasti technologického projektování

DVOŘÁK, Milan. Technologie II. Brno: VUT – FSI . 2001. 238 s. ISBN 80-214-2032-4

DVOŘÁK, Milan.,GAJDOŠ, František., NOVOTNÝ, Karel. Technologie tváření (Plošné a objemové tváření). Brno: VUT – FSI. 2007. 169 s. ISBN 978-80-214-3425-7

FOREJT, Milan. Teorie tváření a nástroje. Brno: VUT – FSI .1991. 187 s. ISBN 80-214-0294-6

FOREJT, Milan, PÍŠKA, Miroslav. Teorie obrábění, tváření a nástroje. Brno: VUT – FSI . 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9

NOVOTNÝ, Karel. Tvářecí nástroje. Brno: VUT – FSI .1992.186 s. ISBN 80-214-0401-9

RUMÍŠEK, Pavel. Technologické projekty. Brno: VUT – FSI.1991. 185 s. ISBN 80-214-0385-3

HLAVENKA, Bohumil. Projektování výrobních systémů. Brno: VUT – FSI. 1987. 201 s.

MILO, Peter. Technologické projektovanie v praxi. Bratislava: Alfa. 1990. 399 s. ISBN 80-05-00103-7

FREMUNT, Přemysl, PODRÁBSKÝ, Tomáš. Konstrukční oceli. Brno: VUT – FSI.1996. 261 s. ISBN 80-85967-95-8

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Pavel Rumíšek, CSc.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2008/2009.

V Brně, dne 19.11.2008

L.S.

doc. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty